U. D. C. 55 (05)

地質調査所月報

第 8 巻　第 5 號

目　　次

報　文

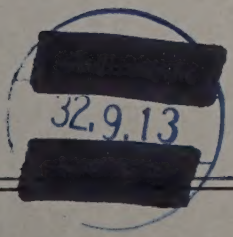
中沢次郎，丸山修司：　大分県国東半島の含チタン砂鉄鉱床調査報告……　1
岩崎章二，金井光明：　福島県石川町周辺地区放射能探査報告……17
佐野浚一：　アメリカおよびカナダにおける核原料物質探査技術……27

概　報

原口九万：　兵庫県安井鉱山鉛・亜鉛鉱床調査報告……37

資　料

造構造運動史と関連性のある Russkii Plate-forme
地帯の堆積岩の組成について



工業技術院地質調査所

昭和 32 年 5 月

558

553.311：550.85(522.6)

大分県国東半島の含チタン砂鉄鉱床調査報告

中沢次郎*　丸山修司*

On the Titaniferous Iron Sand Ore Deposits at the Kunisaki Peninsula, Ooita Prefecture

By

Zirō Nakazawa & Syūzi Maruyama

Abstract

At the Kunisaki Peninsula of the northern Kyūsyū, titaniferous iron sand ore deposits may be grouped into three main types as follows:

1. Beach deposit along the coast, (which was accumulated by the wave beating action against the shore).
2. Sand dune deposit along the coast.
3. Rivers deposit.

The former two types of deposits are worked in this area. These iron sands are mainly used as the raw materials of pig iron manufacture.

1. 緒　言

近年金属チタニウムの製錬技術が急速な発展をとげ，チタン資源として含チタン砂鉄鉱床が注目されるようになり，日本全国にわたる含チタン砂鉄鉱床調査の一環として当調査が実施された。

大分県国東半島の海岸には砂鉄鉱床があることはかなり古くから知られ，時代は明らかでないが，これらを採掘製錬した鍛が，諸所に発見されている。

現在までにこれらの鉱床の賦存状況，堆積の規模，地質と鉱床などについて明らかでなかつたので，筆者らは昭和29年3月1日から約7日間，北は奈良原地区から南は奈多地区にわたる延長約32kmの海岸線に発達する砂鉄鉱床を調査した。

本地域内に調査当時12鉱山が稼行され，打上砂鉄あるいは砂丘中の浜砂鉄を採取し，いずれも簡易磁選機あるいは猫流しなどによつて選鉱し，精鉱は製鉄原料用とされている。

調査当時においてはチタン資源としては活用されていない。

本調査に関する化学分析は本所化学課後藤隼次が担当した。

2. 位置および交通

調査地域は大分県北東部国東半島東側海岸沿い延長約32kmの範囲である。

日豊線杵築駅において国東鉄道に乗換え，約14kmで調査地の南端奈多八幡駅に至る。国東鉄道の終点の国東駅は，調査地のほゞ中央部に位置し，調査地の最北端は国東駅からさらに竹田津行のバスを利用し約10km北の来浦町部落に至る。

3. 鉱山の位置および現況

鉱山の位置については第1図aを，各鉱山の現況については第1表を参照されたい。

全般を通じ稼行鉱山は，砂丘中の砂鉄層を採掘し，ある所では海岸線に打上げられた砂鉄を採取している。

砂丘中に偽層をなして胚胎するものを説明の都合上浜砂鉄（仮称）と呼び，現在海岸線に打上げられ堆積しつつあるものを打上砂鉄（仮称）と呼ぶことにする。

砂丘中の砂鉄層を，広く掘開し，濃集した層を角スコップにより採取選別し，高度に砂鉄が濃集した部分を水洗し，夾雑砂の多い部分を地表にひろげ，乾燥後手動式簡易磁力選鉱機にかけて採取している。運搬船が海岸近くに繋留され，小舟により精鉱が運搬船に積込まれ，そのまゝ製錬所に運ばれる。

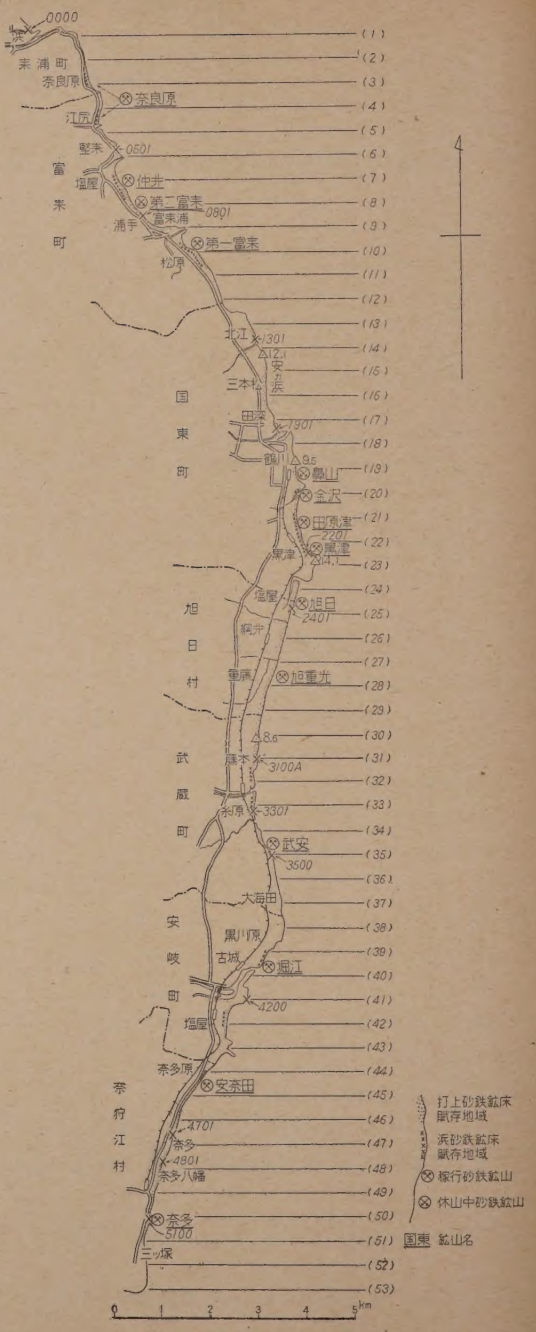
浜砂鉄は過去相当多量に採掘され，調査当時未採掘の部分は少なく，探査のうえ採掘している。一部は打上砂鉄のみを採取している。

4. 地形および地質

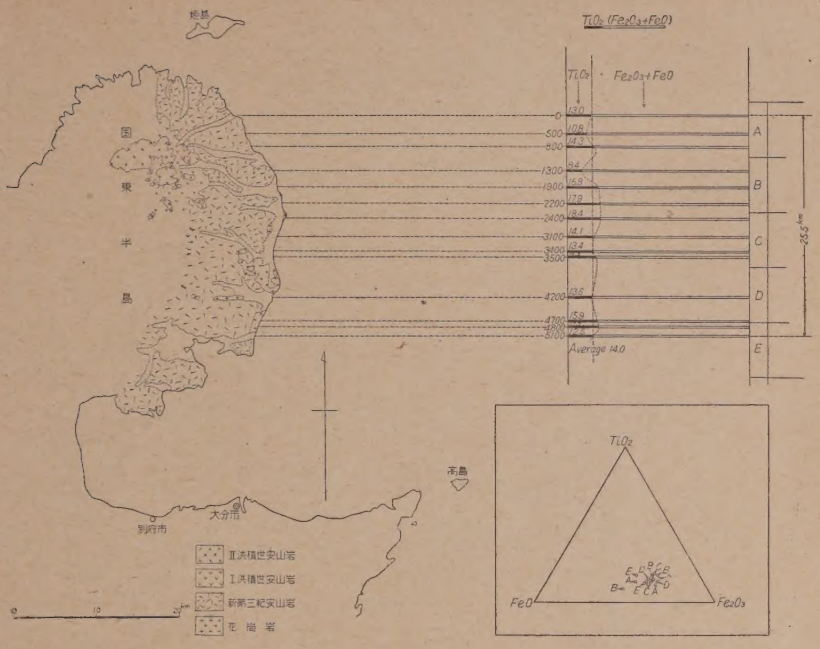
当地域の海岸は大部分が東に面し，北から N30°W—

* 鉱床部

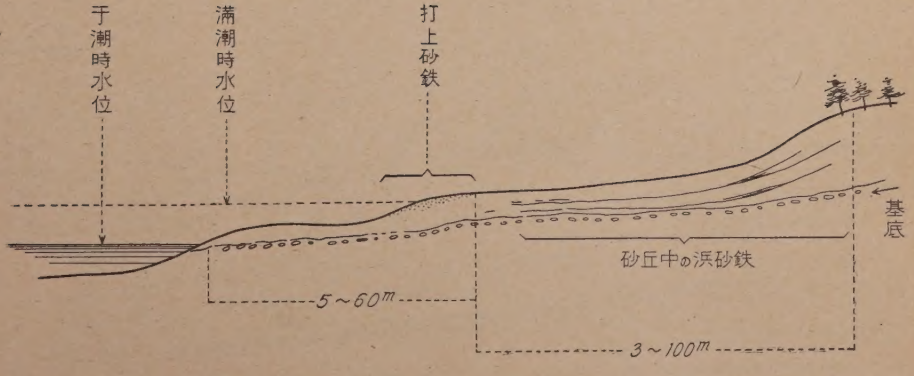
第1図a　国東地区砂鉄鉱業所位置図



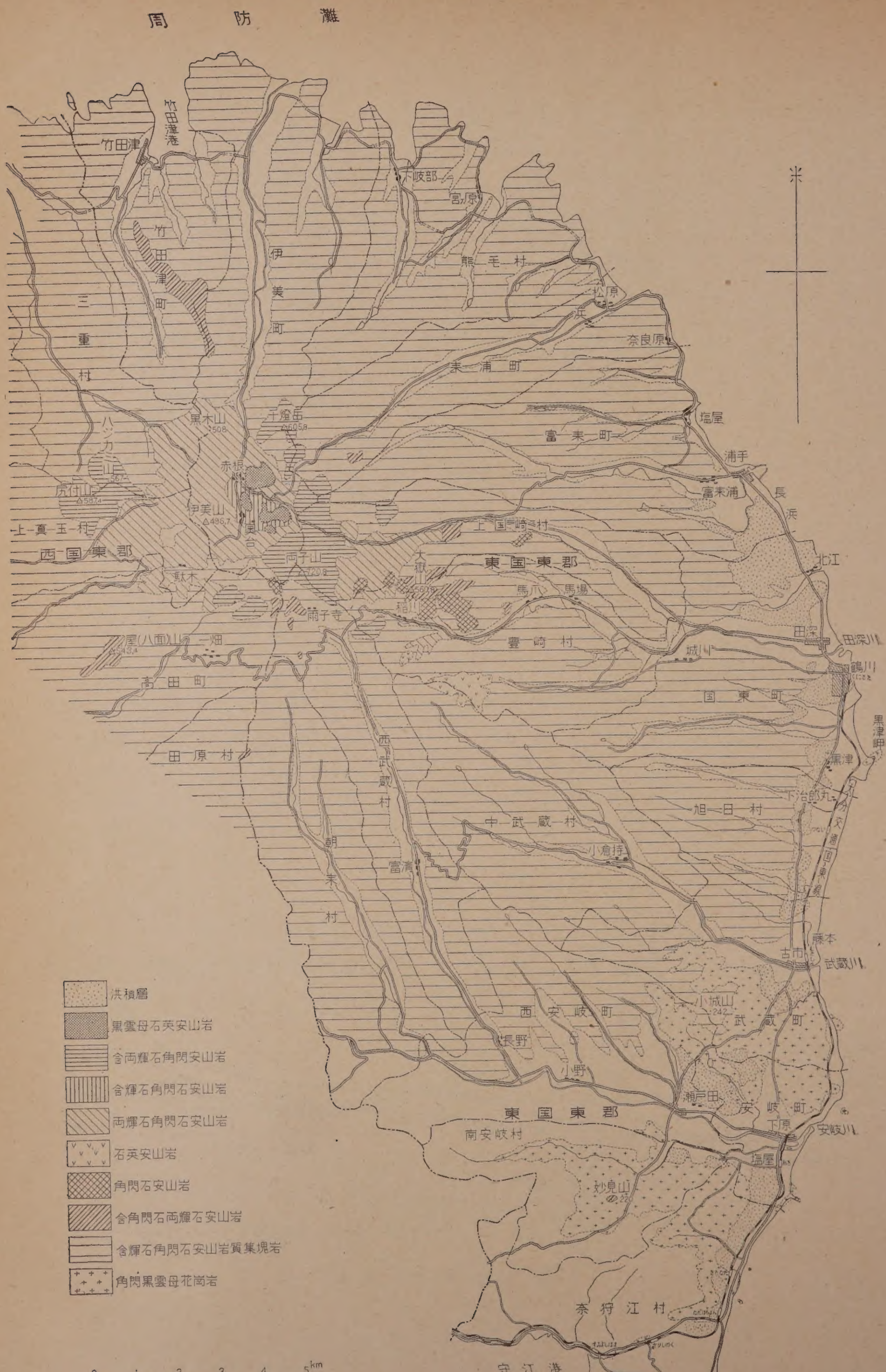
第1図b　海浜砂鉄状況図



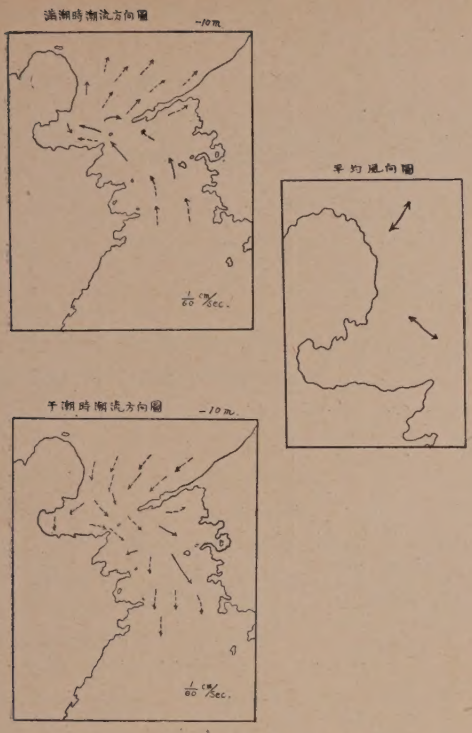
第１図ｃ　国東半島砂鉄鉱床分布図



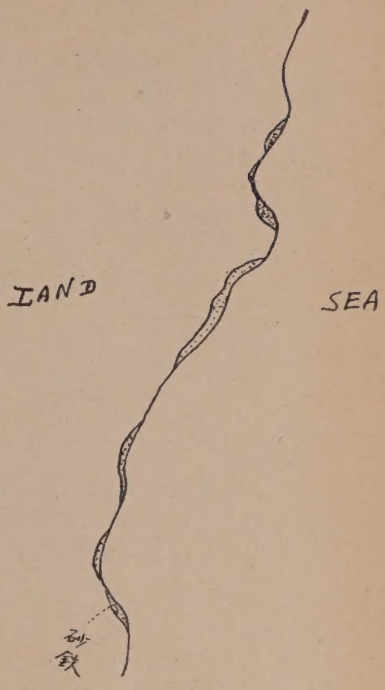
第２図　海浜断面模式図


周防灘
竹田津
竹田津港
下岐部
宮原
熊毛村
松原
奈良原
来浦町
塩屋
富来町
浦手
富来浦
長浜
北江
三重村
竹田津町
伊美町
黒木山
千燈岳
赤根
虎付山
伊美山
上真玉村
西国東郡
両子山
両子寺
上国崎村
東国東郡
馬場
豊崎村
田深
田深川
鶴川
国東町
高田町
田原村
西武蔵村
朝来村
富清
中武蔵村
小倉持
旭日村
黒津
黒津岬
古市
武蔵川
小城山
武蔵町
西安岐町
長野
小野
瀬戸田
安岐町
下原
安岐川
東国東郡
南安岐村
妙見山
奈狩江村
守江港
洪積層
黒雲母石英安山岩
含両輝石角閃安山岩
含輝石角閃石安山岩
両輝石角閃石安山岩
石英安山岩
角閃石安山岩
含角閃石両輝石安山岩
含輝石角閃石安山岩質集塊岩
角閃黒雲母花崗岩
0
1
2
3
4
5
km

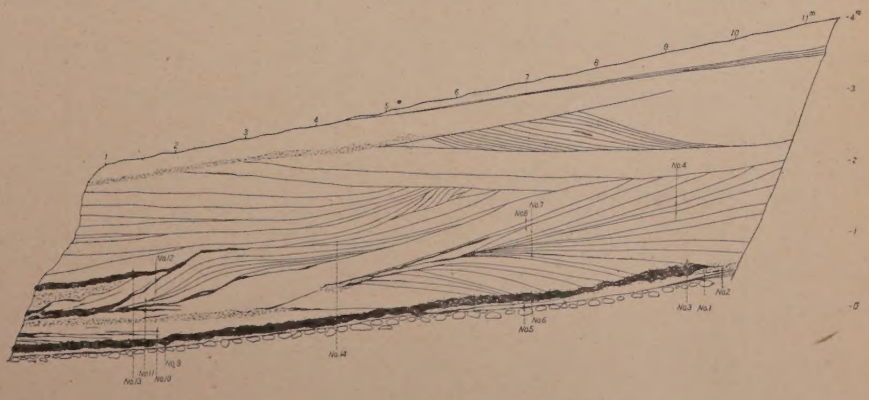
第3図　地質図



第4図　満干時潮流方向図



第5図　海岸線凹凸地形と打上砂鉄分布図



第6図　田原津鉱山含チタン砂鉄鉱床図

鉱山名	位置および交通	鉱区番号	鉱業権者	経営者
奈良原	来浦町奈良原および富来町江尻の海岸 国東町発竹田津行バス約9km	旧大分砂鉱第58, 61, 74号	迫圧市郎 富来町 2327	原口要三郎 別府市亀川下町716の2
仲井	富来町塩屋の海岸 国東町発 竹田津行バス約 6.5km	第二富来の一部	迫圧市郎 富来町 2327	仲井峯松 富来町
第二富来	富来町塩屋から富来浦にかけての海岸 国東町発竹田津行 バス約 5.5km	旧大分砂鉱第68号 （含仲井鉱山）	迫圧市郎 富来町 2327	休山中
第一富来	富来町松原海岸 国東町発 竹田津行バス約 4.5km	旧大分砂鉱第60号	迫圧市郎 富来町 2327	迫圧市郎 富来町 2327
安ケ浜	国東町三本松および北江の海岸 国東町発竹田津行バス約2km	旧大分砂鉱第13, 15号	山本松雄 国東町北江	未稼行
鼻山	国東町鶴川東方の海岸 国東鉄道国東駅南東方約 500m	旧大分砂鉱第12号	興道寺区 国東町興道寺区	休山中
金沢	国東町鶴川南東方の海岸 国東鉄道国東駅南東方約 1,000 m	旧大分砂鉱第83号	金沢達治 国東町鶴川	金沢達治 国東町鶴川

表　（1）

沿革および現況	地質および鉱床	備考
昭和29年2月から打上砂鉄と浜砂鉄の採掘を始めた。 奈良原と江尻において稼行，従業員約30名天日乾燥乾式磁選（乾式手廻磁選機4～5%）により選鉱。 精鉱品位 Fe 57～58%，生産量 1.5t/day	2作業場の間は安山岩質集塊岩の基盤が露出し，海岸は両者とも幅20～30m，延長 300～400 m，ともにその北半部に打上砂鉄，浜砂鉄の両鉱床がある。浜砂鉄層は両海浜とも厚さ1cm内外の砂鉄薄層の集合からなり奈良原は地下40cm～90cmの間に2～5層，北江では地下20cm～70cmの間に2～3層賦存し，両浜ともすでに松林の根元まで採掘中で，砂鉄層はなお松林の下にも賦存しているのがみられた。	概況調査 0.5日
昭和25年から稼行。 農閉期に打上砂鉄および浜砂鉄を採取，選鉱には天日乾燥の上乾式手廻磁選機を使用している。	この海浜は幅 700～1,000 m，延長 400～500 mあり砂浜の深度は 3.5mまで確認したがその下部は不明である。鉱床は打上砂鉄，浜砂鉄の両者があり，浜砂鉄は第5図のように，地下1～1.5 m附近に厚さ10cm内外の連続性ある砂鉄層がある。その下部は褐鉄鉱化し硬く，また深さなどから稼行対象として良いものとは思われない。上部は，第5図のE～F附近に砂鉄の濃集部があり，その延長部が今後の稼行対象となし得るものと考えられる。	調査実働 1.5日 トレンチ 1連 ピット 10本 第5図参照
昭和16年現権者が登録し，一時西日本鉄鉱開発株式会社の鉱区となつたが昭和28年ふたゝび現権者のものとなつた。昭和19年より打上砂鉄の採取をし，28年から浜砂鉄の採掘を始めたが現在は休山中。	この鉱区は延長約2km あるがその北半部は仲井鉱山と称し稼行中。また南部は砂浜が非常に狭い。鉱床は打上砂鉄と浜砂鉄の両者があり，浜砂鉄は仲井鉱山の南接部の延長約 200～300 mの部分に仲井鉱山と同型のものが期待されるが明らかではない。南部は安山岩質集塊岩の岩盤が露出し，その上に点々と良質の打上砂鉄がみられる程度である。	概況調査 0.5日
昭和16年現権者が登録し，一時西日本鉄鉱開発株式会社の鉱区となつたが昭和28年ふたゝび現権者の鉱区となつた。昭和18年から打上砂鉄を採取し，終戦とともに休山，昭和24年再開し，昭和28年から浜砂鉄の採掘を始めた。 現在，人夫12～13名天日乾燥，乾式手廻磁選機（2台運転）で Fe 57%内外の精鉱を 600t/年 出鉱している。	この海浜は幅 120～150 m，延長 700～800 mあり，南部は安山岩質集塊岩が露出し，北は富来浦港の突出で限定されている。鉱床は打上砂鉄，浜砂鉄の両者がある。浜砂鉄は汀線から50～70m間の（外側）砂鉄層群と，90～100 m間の（内側）砂鉄層群に2分され，（外側）砂鉄層は第13図のE，F間にあり，10° 内外の傾斜で，1cm内外の砂鉄薄層が数層賦存する。（内側）砂鉄層は第13図のAからDにかけ分布し，地下 0.1～1.1 mに砂鉄層が大別して3層群賦存し，1mの厚さの Fe 平均品位は大体 7～10%と思われる。しかしこの砂鉄層群は10cm内外の礫を多数含有しているので実際の鉱量は少なくなる。	調査実働 1日 トレンチ 1連 ピット 第13図参照
	この海浜は非常に狭く，浜砂鉄と打上砂鉄の両鉱床がある。 浜砂鉄は地下40cm内外の所に最厚 0.3mの砂鉄層が1層ある。また打上砂鉄は調査当時，数 100 t 堆積した。	概況調査 1日
明治35年頃，小深田嘉太郎が所在地の鉱区を登録した。 操業は明治40年頃から打上砂鉄を採取し，年平均50 t 内外を生産した。浜砂鉄の採掘は昭和2年頃から始められ4～5年頃が最盛期であつた。	海浜は現在幅10～15m，延長約 400mでその南北はどちらも基盤の安山岩質集塊岩が露出し，海浜の陸側は高さ約4～5 mの崖が全地域にわたつて連なつている。浜砂鉄鉱床はすでに数回採掘したので，今後しばらくはほとんど稼行の対象となしがたい。打上砂鉄は，時化のときに崖の根元に少量打ち上げられている。	概況調査 0.5日
昭和16年頃現権者が登録し，浜砂鉄鉱床の良質部は大部分採掘済で現在は打上砂鉄を稼行対象としている。 近年の鉱産額は年平均 100 t（Fe 58%内外）という。現在は日平均10名の人夫で天日乾燥のうえ乾式手廻磁選機1台により1日1 t 平均を産出している。	海浜は小川の川口にあり，幅 0～40m，延長N45°E方向に約 200mのレンズ形をなし，背後は直ちに安山岩質集塊岩の段丘となり，その東端は海中に岬となり突出している。打上砂鉄鉱床は大体東半部に打上げられるが，大時化の折はおもに中央部に打上げられる。浜砂鉄鉱床はおもに西半部に残鉱部となり第8図のような堆積を示しているが，良好な堆積を示す区域は狭く，大量の砂鉄は望めない。	調査実働 1日 トレンチ 1連 ピット 第8図参照

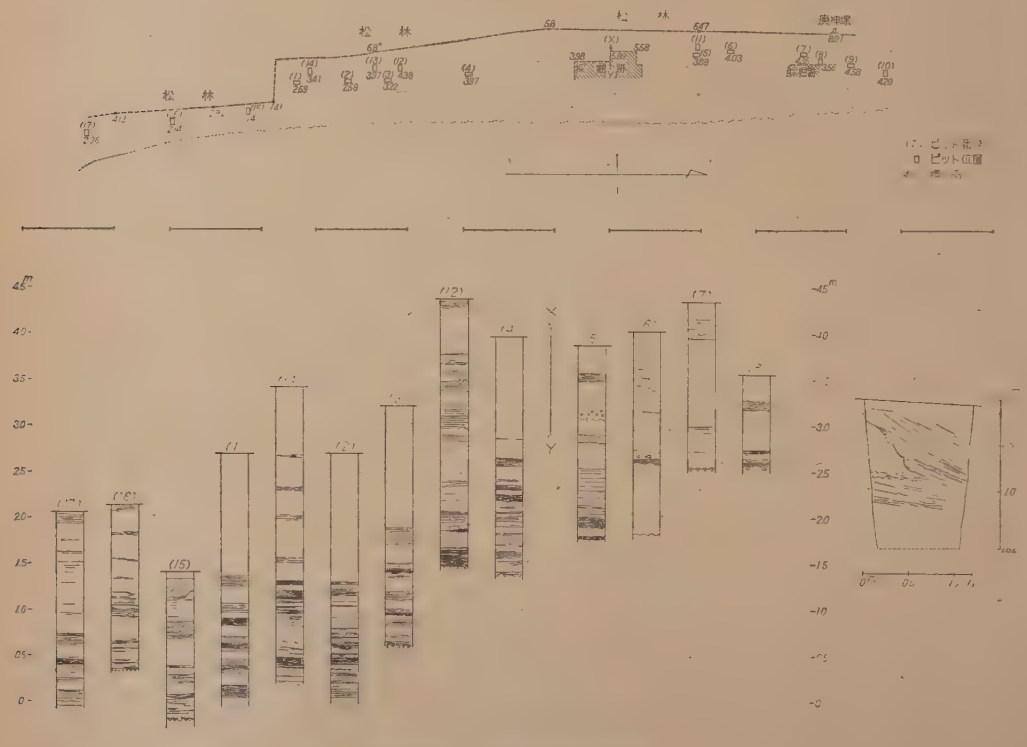
第 1

鉱山名	位置および交通	鉱区番号	鉱業権者	経営者
田原津	国東町黒津北東方の海岸 国東鉄道黒津駅東方約 300m	旧大分砂鉱 第 67,101 号	田中求彌 奈狩江村狩宿	田中求彌 奈狩江村狩宿
黒津	国東町黒津ノ鼻の北側海岸 国東鉄道黒津駅南々東方向 約1,000 m	旧大分砂鉱 第 20 号	高木清次郎 国東町 1600	高木清次郎 国東町 1600
旭日	国東町塩屋から旭日村綱井部落に至る海浜 国東鉄道綱井駅東方約 300m	旧大分砂鉱 第 22 号	高木清次郎 国東町 1600	高木清次郎 国東町 1600
旭重藤	旭日村重藤部落海岸 国東鉄道綱井駅南東方 約 1,000 m	旧大分砂鉱 第 16 号	旭日村 旭日村役場	田中求彌 奈狩江村狩宿
武安	武蔵町藤本部落から大海田部落に至る約 3.5km の海浜 国東鉄道武蔵駅東方			
掘江	安岐町古城海浜 国東鉄道古城駅北東約 1.5m	旧大分砂鉱 第8，69号	掘江吾市 安岐町 2421	掘江吾市 安岐町 2421

表 （2）

沿革および現況	地質および鉱床	備考
昭和17年財前保が出願し約 500 t を産出し，昭和24年現権者の所有となつた。現権者は24～27年の間に年平均 1,000 t を産出し，28年に 6 カ月間休山したがまた再開し，現在に至る。現在人夫約20名浜砂鉄鉱床を採掘，良質原鉱は水洗，その廃砂とあまり良くない原鉱を天日乾燥し，ヤンマーデイゼル（5 馬力）および乾式電磁選機により磁選し，1 台で平均 3t/bay (Fe57%) を産出する。	海浜は幅40～70m，延長1,200 ～1,300 m，浜砂鉄鉱床は第 7 図のように深さ 3 ～ 4 mの砂層中にあり最下部に礫層を伴ない，そのすぐ上に厚さ10～15cmの連続性のある良質な砂鉄層が賦存する。その他には規模大なるものがない。ピットにより第14図のような結果がでた。この鉱床に関しては現在の採掘場以南が今後の稼行対象となるように思われる。いずれも深部に砂鉄層が賦存するので採掘が困難である。打上砂鉄鉱床は時化の折に打上げられ海浜の延長方向傾斜等の状況から好条件な海浜と思われる。	調査実働 2 日 トレンチ 1 連 ピット 17本 第7，14図参照
大正 4 年佐藤右近太外 2 名が登録し，国分支喜，阿部啓を経て，昭和17年現権者が入手したが直ちに向井忠一に譲渡し，九門康八を経て現権者外数名の協同鉱区となり，昭和19年現権者の個人所有となつた。現在人夫10名内外打上砂鉄を採取し，天日乾燥のうえ乾式手廻磁選機 1 台により磁選する。作業中。	この海浜は花崗岩からの誘導砂鉄からなる。黒津ノ鼻岬の北側にあり，幅最大10m内外の小さな区域打上砂鉄鉱床を主体とし稼行している。	概況調査 0.5日
大正 5 年頃から田原伊平の所有であつたが昭和19年 1 月から打上砂鉄の採取をし終戦後約 2 年休山の後，現権者が鉱区を買取し24年から再開し，浜砂鉄の採掘を始めた。現在は調査当時すでに浜砂鉄鉱床の大部分が採掘済汀線附近の薄い浜砂鉄層の採掘と打上砂鉄の採取をし人夫30名内外，天日乾燥の上，乾式手廻磁選機（2 ～ 3 台）により磁選するが原鉱 Fe 6 % 程度までを稼行対象とする。月産 100～150 t の精鉱を産出。	海浜は幅約 100m，延長約1500mあり鉱床としては，打上砂鉄と浜砂鉄の両鉱床がある。浜砂鉄鉱床は汀線より内側50～70mの地帯に賦存し地表から70cmの深さより下部に鉄見込品位25%内外のものが厚さ10cmの層で 3 ～ 4 層みられた。しかし，大部分の地域は採掘済で現在海浜に点々とある網小屋の地下に残るのみである。 打上砂鉄鉱床は現在おもな稼行対象となつているものでほとんど鉱区全域の汀線附近は時化の折に砂鉄が打上げられている。	調査実働 1.5日 トレンチ 1 連 ピット 3 本
明治20～30年頃，小深田某外 1 名が浜砂鉄の浅部で良質な部分を抜掘りし，明治41年に現権者の管理となつたが稼行せず，昭和26年 7 月頃から操作を始めた。現在までに浜砂鉄は大体採掘済となつたが残鉱部の採掘と打上砂鉄の採取を行う天日乾燥のうえヤンマーデイゼル 5 馬力による乾式電磁選機（2 台）により磁選人夫60名，年平均 3,000 t を生産。	海浜は幅80～120 m，延長約1500m北々東から南々西に延びている。浜砂鉄鉱床は海浜の幅の中央部に賦存し，南部では狭く，薄く，浅部に賦存し，北部では広く，厚く，深部に賦存するが，大部分は採掘済である。打上砂鉄鉱床は時化の折にはその都度，打上げられ，その鉱量は多少の差があるが稼行の対象とはなる。	調査実働 1 日 トレンチ 1 連 ピット
以前は西日本鉄鉱開発株式会社のものであつたが，現在は杉本久男が鉱区を管理しており，詳細は不明であつた。人夫約10名，湿式および乾式の手廻磁選機各 1 台により磁選し，打上砂鉄の採取浜砂鉄の採掘を行う本格的な操業ではない。	海浜は中央の糸原部落附近を境とし南北両地帯でその状況が全く変わり，北部海浜は一般に幅大で30～100 m 内外あり，浜砂鉄，打上砂鉄の両鉱床がある。南部海浜は花崗岩が直接海岸に露出する地域が広く，その間に延長 100m 内外，幅 0～30m の弧状の砂浜があり，おもに打上砂鉄鉱床がみられる。	概況調査 0.5日
8 号鉱区は現権者が始めて登録した。69 号鉱区は宗正影が昭和16年頃登録し昭和19年に現権者が買収した。人夫11～12名天日乾燥のうえ乾式手廻磁選機 2 台により磁選し，Fe 57% 内外の精鉱を月平均 40 t 生産	この鉱山は NNE—SSW 方向に約 700m の海浜にあり，状況から南北に 2 分することができる。北部は幅約25mで打上砂鉄がおもで，南部は幅約45mで打上砂鉄，浜砂鉄の両鉱床がある。 打上砂鉄は砂浜の幅，傾斜から，北部に少なく南部に多く打上げられるが，北部はまつたく，未稼行地で，最良部で鉄見込品位 20 % 内外のものが，厚さ20cmもある所があつた。浜砂鉄は戦時中採掘したといわれるが，まだ大量の砂鉄が残つており，また地下 1.2m以下は，未採掘部で厚さ40～50cmの含礫砂鉄層があり，今後再採掘も稼行対象となる。	調査実働 1 日 ピット 5 本

鉱山名	位置および交通	鉱区番号	鉱業権者	経営者
安奈田	安岐町塩屋から奈狩江村奈多に至る海浜 国東鉄道安岐駅または奈多八幡駅	旧大分砂鉱 第17号	田中求彌 奈狩江村狩宿	田中求彌 奈狩江村狩宿
奈多	奈狩江村奈多から同村三ツ塚部落に至る海岸 国東鉄道奈多八幡駅南方	旧大分砂鉱 第41号	斎藤利正 奈狩江村狩宿	斎藤利正 奈狩江村狩宿



第7図　田原海岸砂鉱柱状図

NS—N20°E 方向の海岸線を示し，砂浜の幅員は所により差があるが3～100 mで，全般を通じ基盤までは 1.5～4.5 mの深さで，場所によつては，花崗岩・安山岩質集塊岩が直接海岸に露出している所があり，第2図でみられるような地形をなしている。

地質（第3図参照）は奈刈江村および武蔵町附近においては角閃黒雲母花崗岩，その他大部分の地域においては含輝石角閃石安山岩質集塊岩からなる。

5. 鉱　床

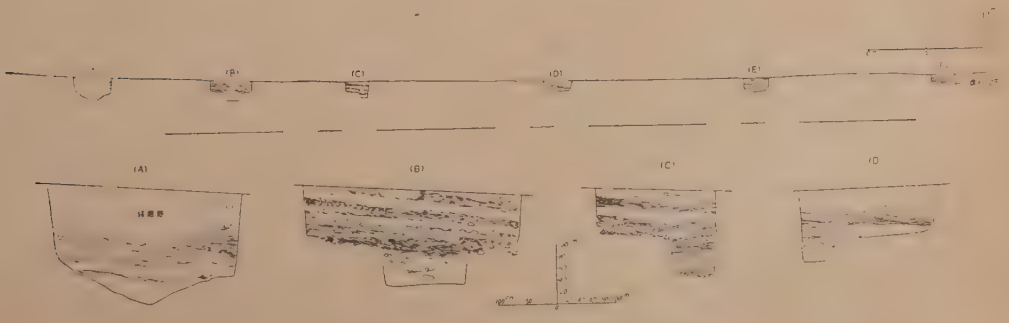
当地域においては鉱床の胚胎状況から次の3つの型に分けられる。

表　（3）

沿革および現況	地質および鉱床	備考
明治43年頃渡辺寿吉外2名が打上砂鉄を採取し，3年間に約300tを生産し，昭和17年に掘江吾市が全地域を2回にわたり採掘した。昭和19年1月現権者のものとなり直ちに稼行を始めたが，終戦とともに休山，4年後再開して現在に至る。現在，奈田原で打上砂鉄の採取と浜砂鉄の採掘を行う人夫21名，ヤンマーディゼルによる乾式電磁選鉱1台で稼行している。	この鉱山は延長約4kmの海浜内にあり北部塩屋海浜のみが幅約50mを有し他は大体30m以下で打上砂鉄と浜砂鉄の両鉱床がある。 砂鉄はほとんど全域に打上げられるが鉱区の中央に突出する三方庚申鼻により海岸線の方向の変化が大きいので風向により打上げられる地区と打上げられない地区とができる。浜砂鉄は奈田原の操業地域では深さ1m内外で基盤に達し砂鉄層は浅部に薄い縞模様を示し，特に最近堆積したものと思われる。なお塩屋部落附近には地下1.5m内外の所から下部に20cm（2層），6cm（1層）の良質な砂鉄層がみられた。	調査実働 1日 トレンチ　1地 ヒット　12ヵ所
		調査実働 1日 ヒット

第8図　金沢鉱山含チタン砂鉄鉱床図

第9図　仲井鉱山海浜断面図



第10図　第一富来鉱山海浜断面図

1．海浜打上砂鉄鉱床（第2図参照）
現在の海汀線に打上げられるもの。

2．浜砂鉄鉱床（第2図を照）
砂丘中に堆積しているもの。

3．河川中の砂鉄鉱床
当調査は1および2型の砂鉄に重点をおいた。

1型の鉱床は満潮時の汀線に打上げられるが，日々の潮汐の満干，風浪によつて，堆積量に相当の変化がある。特に1型鉱床は暴風雨時に海岸線に沿い1km位の範囲に数1,000tを打上げた例がしばしばある。

2型の鉱床は現在の汀線に関係なく砂丘中に堆積し層を示し，1cm以下のものから20～30cmの厚さの砂鉄層

第 2 表 a

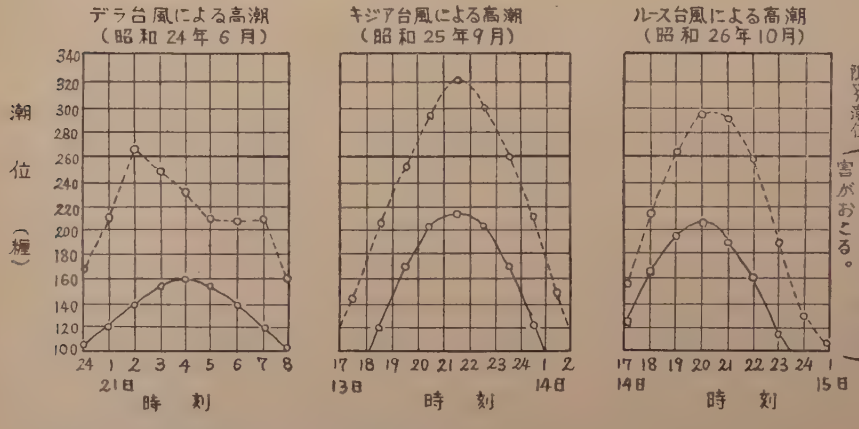
	TiO_2	FeO	Fe_2O_3	MgO	CaO	Mn	Cr	V	P	Cu	S
0.00（松原）	3.80	10 94	14.37	11.27	6.07	0.54	0.00	0.04	0.08	0.00	0.01
13.01（北江）	1.12	6.33	5.87	10.33	8.02	0.51	0.00	0.01	0.07	0.00	0.01
34.00（糸原）	4.44	10.07	18.51	6.06	3.73	0.43	0.00	0.08	0.10	0.00	0.02
48.01（安奈多）	3.40	6.62	9.16	4.57	3.87	0.36	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00

第 2 表 b

	TiO_2 (%)	FeO (%)	Fe_2O_3 (%)
05.01（堅 来）	3.70	9.44	21.12
08.01（富来浦）	13.92	23.16	59.89
19.01（鼻 山）	8.72	13.72	29.44
22.01（黒 津）	15.32	19.73	50.20
24.01（塩 屋）	12.60	16.58	39.39
31.00（藤 本）	11.40	23.59	45.91
35.00（糸 原）	10.00	17.30	37.96
42.01（塩 屋）	6.45	11.87	28.90
47.01（奈多原）	5.75	10.29	19.93
51.00（奈 多）	2.95	7.43	12.59
山 1（西安岐町）	0.73	2.29	4.20
〃 2（西安岐町）	1.00	1.43	10.51
〃 3（西武蔵村）	3.45	2.58	34.75
〃 4（西武蔵村）	0.83	2.29	4.40
〃 5（豊崎村）	0.95	1,29	6.11
〃 6（国東町）	1.85	3.86	10.79

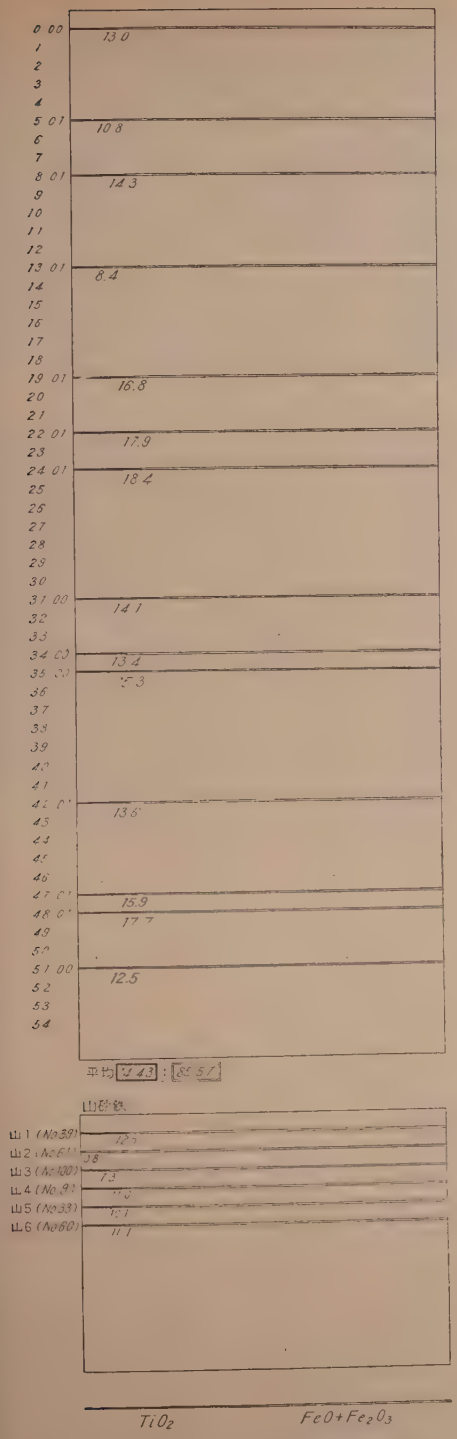
分析： 化学課 後藤隼次

第 11 図 九州に襲来する台風の型



（備考） 大分測候所： 大分県災害誌：より
○—○天体潮位 ○--○台風によって増加した実際潮位（計算上）

第 12 図 台風と高潮



第13図　$FeO+Fe_2O_3$ と TiO_2 の関係(%)
位置については第1図 b 参照

を形成している。

1および2型のものいずれも地域により，層厚に変化があつて，堆積当時の地形，潮汐などに深い関係があることを示している（第5図参照）。

これらの砂鉄層は堆積の厚さ，範囲，深さなどによつて稼行価値が決まるが，当地方においては地表下30cmの間に3cm，60cmの所においては6cm，90cmの所においては15cmの砂鉄層が胚胎すれば，稼行の対象になるといわれているが，実際にはこれ以下のものが稼行されている。

調査当時2型の鉱床で稼行されているのは旭・長木・旭重光・安奈田などの各鉱山であるが，その大部分は採掘済となり，掘り残しの部分を採掘している。浜砂鉄鉱床がいかなる形状で，いかなる堆積をしているかを知るために，田原津鉱山（第5，6，7図参照）・金沢鉱山（第8図参照）および仲井鉱山（第9図参照）において，汀線に直角に砂鉄を深度3～4.5 m，長さ20～40mを掘開した。その結果田原津・金沢鉱山においては基盤まで掘ることができ，砂鉄の堆積状況を観察することができた。

田原津鉱山においては，基盤の上に厚さ約20cmのほゞ一定した砂鉄層が濃集し，上部は相当複雑な偽層が発達している。

金沢鉱山においても基盤上に厚さ10～20cmの砂鉄層が堆積し，次々とその上部に大規模に偽層が形成されている。

浜砂鉄鉱床も過去の打上砂鉄鉱床であつたことは当然であるが，調査当時の区分をこゝに述べたにすぎない。

6. 砂鉄鉱床の形成と気象と海洋条件の関係

打上砂鉄鉱床の堆積は気象および海洋条件に密接な関係を有することはいうまでもなく，海岸の地形・潮流・潮汐・風向・潮浪等に支配されている（第4図参照）。

砂鉄堆積のなかでも，急速に，かつ多量に堆積するのは，台風の風浪であつて，台風時海岸において観察した鉱業権者田中求彌氏の話によれば，いずれも台風による高潮が，一瞬にして多量の砂鉄を打上げている。

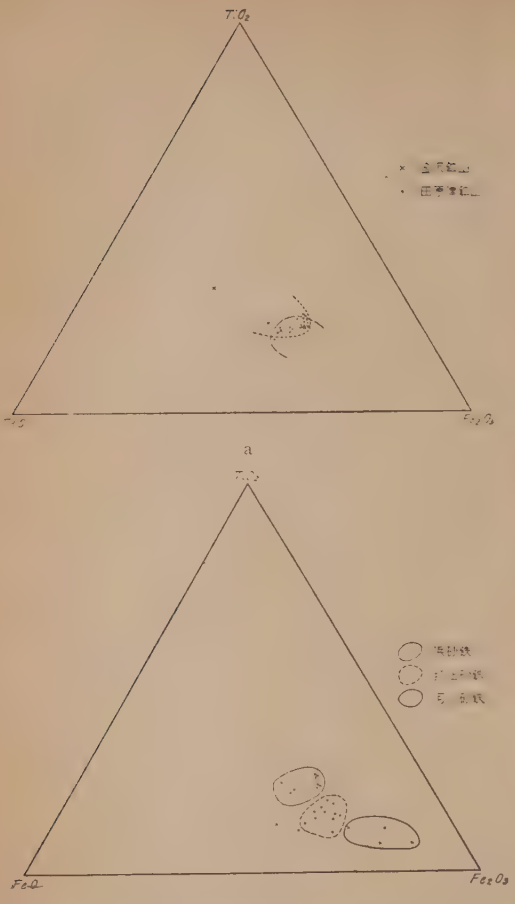
多量の砂鉄を打上げた最近の台風と高潮との関係を台風記録により考察すると，台風が必ずしも高潮をもたらすとは限らず，特定の時期に高潮を生じている。

九州地方に襲来する台風には（第11図参照）

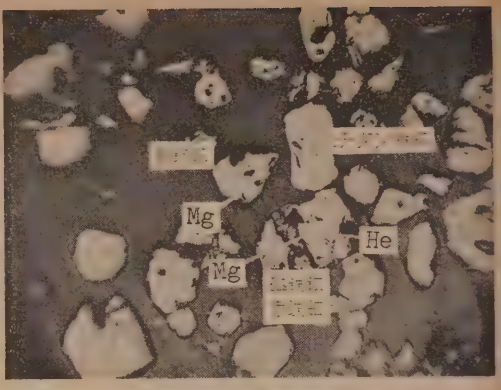
1）東側北上型　台風が九州の東側に接近して日向灘を北上する型

2）九州縦断型　台風が九州に上陸して南から北へ縦断する型

3）西側北上型　台風が九州の西海岸に接近して北上

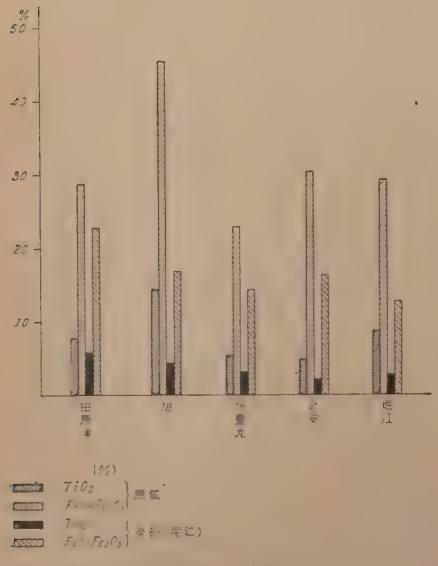


第14図　鉱床型と成分関係図

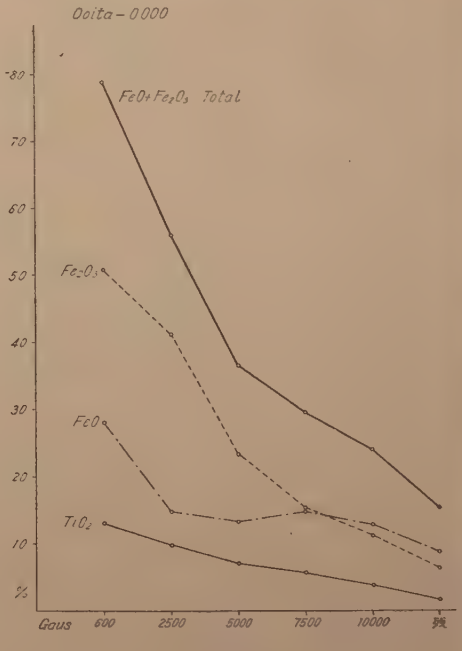


図版1　反射顕微鏡写真

図版2　反射顕微鏡写真(磁鉄鉱・チタン鉄鉱格子状構造)

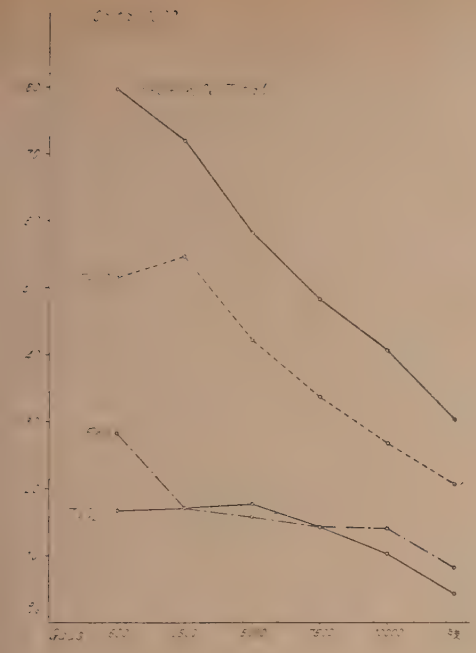


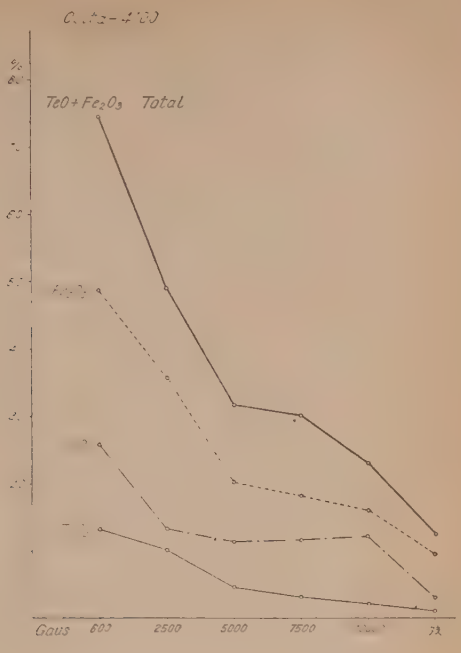
第15図　原鉱および尾鉱の成分

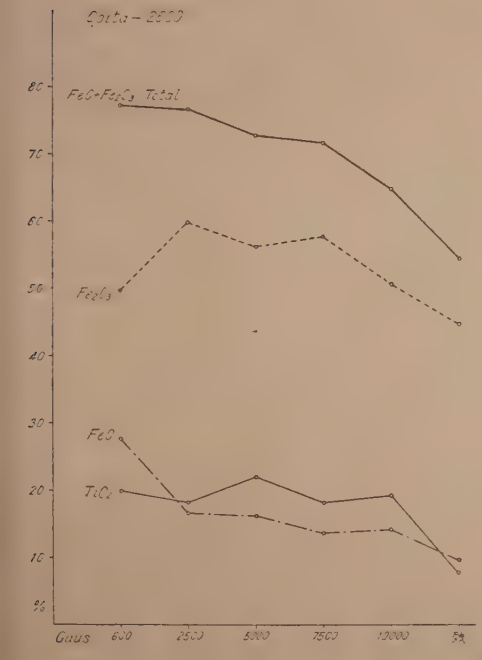


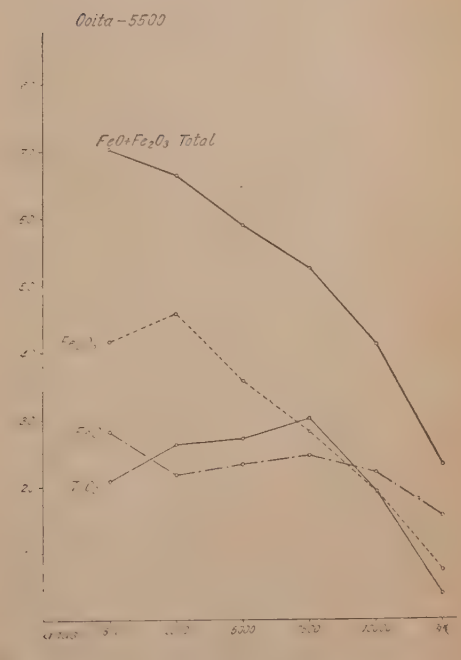
a

第16図









第 16 図

し，朝鮮海峡に対する型

1および2の型に関しては，満潮時刻と台風接近時刻が一致する場合は，大分県沿岸には，被害を蒙むるほどの高潮が生じている。この高潮が，打上げ砂鉄鉱床堆積には好条件であることは次の例によっても明らかである。昭和24年6月のデラ台風，昭和25年9月のキジヤ台風，昭和26年10月のルース台風がともに多量の砂鉄を打上げている（第12図参照）。

これらのいずれも，九州縦断型台風に属する以上3つの台風の比較を第12図に示されており，天体潮と気象

潮が一致し高潮が生じている。

7. 鉱石成分および品位

調査地域全域における $FeO+Fe_2O_3$ と TiO_2 との関係を百分率で示すと第13図のような関係を示し（この図表は第2表の化学分析結果を用いてつくつた。その位置については第1図b参照），全地域の平均は $FeO+Fe_2O_3 : TiO_2 = 85.57 : 14.43$ となる。

地域的の化学成分関係は次表に示される通りである。

採取場所	0000	1301	3301	4701
TiO_2	3.80	1.12	4.44	3.40
FeO	10.94	6.33	10.07	6.62
Fe_2O_3	14.37	5.87	18.51	9.16
MgO	11.27	10.33	6.06	4.57
CaO	6.06	8.02	3.73	3.87
Mn	0.54	0.51	0.43	0.36
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.04	0.01	0.08	0.03
P	0.08	0.07	0.10	0.05
Cu	0.00	0.00	0.00	0.00
S	0.01	0.01	0.02	0.00

鉱床の堆積型と TiO_2 の成分との関係を比較してみると，浜砂鉄＞打上砂鉄＞河川砂鉄と順次 TiO_2 の量が減じている。これはおそらく波浪選鉱の差異に基づくものではなかろうかと考えられる（第14図参照）。

浜砂鉄鉱床中の各砂鉄層の化学成分関係は田原津鉱山・金沢鉱山のものに関しては，次表に示される通り相当不規則であるが，基盤近くのものは一般に TiO_2 分の高いものが多い。化学分析試料採取位置は第5図および第6図を参照。

A．田原津鉱山

採取試料番号	FeO (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)
No. 1	15.67	33.69	15.63
2	8.02	11.57	4.55
3	15.80	32.04	14.54
5	9.96	18.59	9.11
5	13.37	28.70	13.28
6	15.55	32.29	14.67
7	6.32	9.78	4.58
8	12.15	22.48	11.07
9	14.46	28.67	12.16
10	8.26	13.76	5.77
11	15.43	32.26	14.52
12	8.99	15.92	6.86
13	13.24	26.55	11.84
14	8.87	15.43	6.73

B．金沢鉱山

採取試料番号	FeO (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)
No. 1	14.34	30.31	13.82
2	7.53	16.16	6.75
3	10.21	21.68	10.43
4	7.53	10.24	5.25
5	8.38	12.12	5.25
6	6.93	13.27	5.70
7	8.75	5.98	7.11
8	14.46	28.52	12.66
9	5.35	7.86	3.55

調査当時稼行中の所においては簡易磁選機および水洗選鉱を行つているが，磁選機にかける前の原鉱と磁選機にかけた後の廃砂（尾鉱）の成分を比較すると尾鉱中に相当多量の Fe 分が含まれる（第15図参照）。

8. 鉱石の顕微鏡的観察

砂鉄中の随伴鉱物は斜長石・正長石・石英・輝石・紫蘇輝石・角閃石・黒雲母・白雲母・橄欖石・柘榴石・モナズ石等である。

鉱石鉱物は主として磁鉄鉱・チタン鉄鉱および赤鉄鉱からなる。磁鉄鉱は単体で存在するものが多く，少量のものはチタン鉄鉱と共生するものおよび赤鉄鉱と共生するものがある。いずれも格子状構造をなしている。赤鉄鉱とチタン鉄鉱の共生しているものは認められなかつた。

検鏡の結果単体チタン鉄鉱はごくまれである。000，1000，2600，4100，5500の地点（第1図b）において採取した試料をおのおの 600，2500，5000，7500，10000 ガウスと5段階に選別し，化学分析を行い，その結果から $FeO+Fe_2O_3$ と TiO_2 の関係を図示すれば第16図a～e に示される通りになり，この関係は互にほゞ平行した曲線を描き，チタン鉄鉱がほゞ共生の状況であることを示しており，検鏡の結果と一致する。

9. 結　語

当地域の砂鉄鉱床は打上砂鉄鉱床と，海浜砂鉄鉱床とがあり，各鉱山は両鉱床を稼行対象としている。

浜砂鉄鉱床は，かなり採掘が進み，調査当時掘り残しの部分を探して採掘している状況で，量的に将来有望とは考えられない。

打上砂鉄鉱床は気象条件，海洋条件と密接な関係があつて，将来この種の鉱床の採取は相当永続的に採取できる。

現在では年間7,000～8,000 t（砂鉄精鉱）を産出し，ほとんど全部が製鉄原料として八幡製鉄所に送られている。

（昭和29年3月調査）

553.495 : 550.835(521.16)

福島県石川町周辺地区放射能探査報告

岩崎章二* 金井光明**

Radioactivity Surveying with GM Counter at Ishikawa-machi District, Fukushima Prefecture

By

Shōji Iwasaki & Kōmei Kanai

Abstract

The results obtained are as follows.

1. The counts of pegmatite are varied widely with contained. radioactive minerals The lepidomelane-type and biotite-type of pegmatite show large radioactivity. But the counts of garnet-type and toumaline-type pegmatites are small.

2. The background counts of rocks are affected by weathering. The influence of weathering is obvious when rocks are suffered by weathering extremely, but this effect is generally not so distinct. The counts of rocks near boundary show also anomalous.

3. In order to keep from low temperature, the GM tube which is covered by absorbent cotton and vynil cloth, was used in the field.

1. 緒 言

昭和29年度ウラン資源調査事業のうち，福島県地区におけるペグマタイト鉱床調査の一環として，昭和29年12月石川町周辺地区において，放射能探査を実施した。

本調査においては，この種調査の基礎をなすと考えられる地域内岩石の Background count の測定ならびに地域内に数多く存在するペグマタイト鉱床の放射能強度分布の測定を行つた。その際 count とそれに影響すると思われる各要素との関係を吟味することに重点をおいた。

調査区域は東北本線白河の東北東約 24km の福島県石川郡石川町を中心として南は棚倉町，北は雲水峯附近に至るほゞ東西 18km，南北 32km の範囲であるが，調査日程の関係上，重点を石川町附近においた（第1図）。

なお本調査は地質部松原秀樹と共同して行なつたもので，地質鉱床関係についてはすでに報告[2]されているので位置・交通・地質・鉱床等については省略する。

2. 地質概略

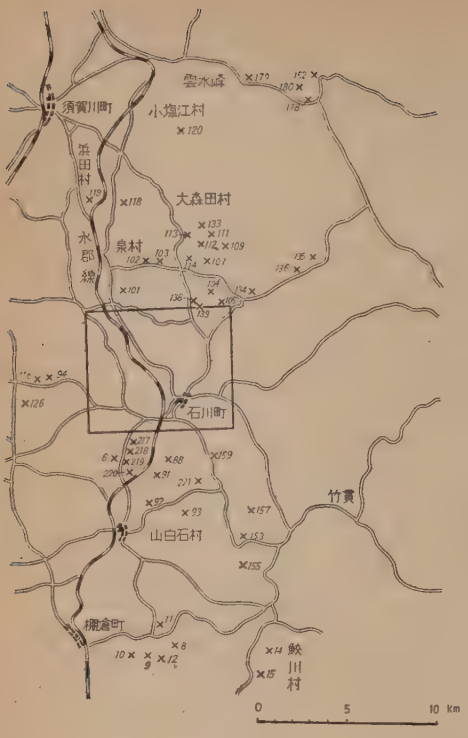
地質関係については別に報告されているので，以下本報告に必要と思われる事項について簡単に記すに留める。

本地域に存在する岩石は，結晶片岩・蛇紋岩・花崗岩類（角閃石黒雲母花崗閃緑岩・両雲母花崗岩・黒雲母花崗岩・ペグマタイト・アプライト）石英安山岩質凝灰岩ならびに第四系に属する砂礫層・粘土層である。

結晶片岩は雲母片岩を主とし，竹貫統の一部をなし，本地域中最古の岩石である。

花崗岩類は中世代の火成活動によるものといわれ，古期のものとして角閃石黒雲母花崗閃緑岩が，新期のものとして両雲母花崗岩および黒雲母花崗岩があり，ペグマタイトは最末期のものである。石英安山岩質凝灰岩は上記の諸岩石を不整合に覆つて，主として西部地域に存在し，時代は第三紀末ないし更新世と考えられる。また本地域の所々に存在するペグマタイトは形態によつて塊状および脈状の2種に分類され，それらの発達の傾向は，塊状のものは，黒雲母花崗岩に近接する地域の角閃石黒雲母花崗閃緑岩中に集中することが多く，脈状のものはこの地域を含めてさらに広範囲に分布している。資源的に主要なペグマタイトである塊状ペグマタイトには累帯構造が認められ，松原秀樹によれば外縁から中央部に向かつて第1帯（葉片状黒雲母帯）・第2帯（鉄含有鉱物鉱化帯）・第3帯（白雲母・長石・石英巨晶帯）の3帯に分かれ，第2帯の含鉄鉱物の種類によつて鉄雲母黒雲母型（L型）・黒雲母型（B型）・電気石型（T型）および柘榴

* 物理探査部
** 元所員



第 1 図　石川町周辺地区測点図

石型（G型）の各型に分類される。

塊状ペグマタイトにおける含ウラン・トリウム鉱物は第2帯に最も多くみられ，鉄雲母黒雲母型にはウラン鉱物が，黒雲母型にはトリウム鉱物が多い。第3帯にも存在するが散発的である。脈状ペグマタイトは資源的価値は少ない。

3. 測定器および測定法

本調査に使用した測定器は科研 2 S—P 1 型携帯用計数器にγ線用科研GBL1T型GM計数管を附したものである。測定法は計数管を水平にして露出した岩石に直接あてて測定した。

測定時間は原則として10分間であるが，一部能率をあげるため 6 ～ 8 分間としたが，いずれの場合も総計数 500を下らないようにした。したがつて確率誤差は 3 % 以下である。

なお調査は12月に行なつたので，GM計数管が温度に影響される危険を避けるため，計数管部分を脱脂綿で被覆し，これをビニールで包んで使用した。

4. 基準計数

器械の状態が正常であるか否か，特にGM計数管の一つの欠点とされる低温度に対する安全性が保証されるか否かを知る目的で，宿舎内で朝夕 2 回の測定を行つた。

その結果は第 2 図として示したが，大体低温の場合，やゝ計数値が高いようであるが，実際上支障をきたす程度でない。なお日中の温度は大体 5 ℃ 以上であつたので，温度の影響は今回の調査においては一応考慮の必要がないものと考えられる。

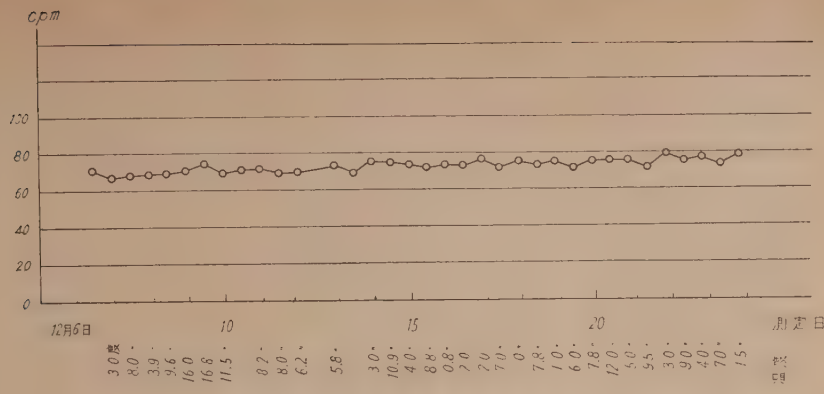
5. 測定結果

角閃石黒雲母花崗閃縁岩・黒雲母花崗岩・両雲母花崗岩・ペグマタイト・結晶片岩・斑糲岩・蛇紋岩・凝灰岩・砂岩・礫岩の計数値表を第 1 表に示した。第 1 表に記した新鮮度は風化の程度を示したもので，Ⅰはほとんど風化を受けていない堅硬な岩石を示し，Ⅱは多少風化しているが堅い岩石，Ⅲはそれより風化大，Ⅳは最も風化の進んだものである。

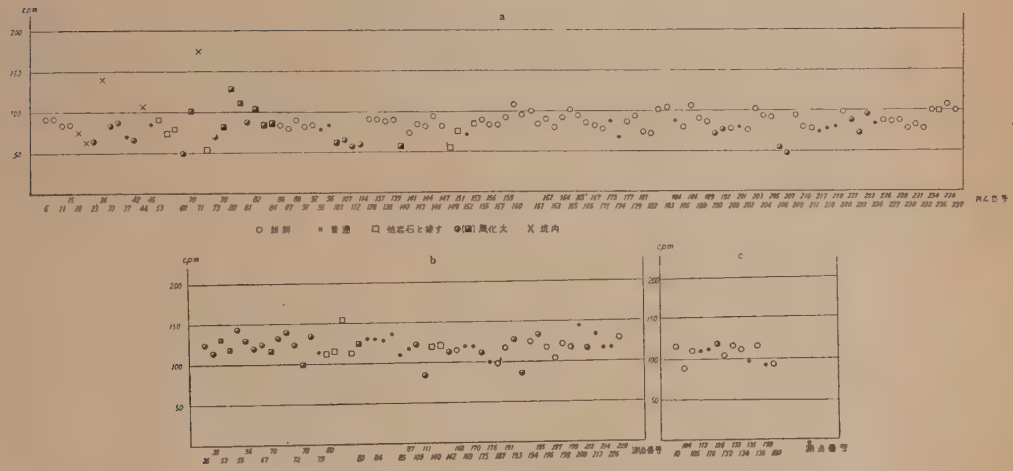
また第 3 図として，角閃石黒雲母花崗閃縁岩・黒雲母花崗岩および両雲母花崗岩の測定値を特に風化ならびに他岩石との接触の有無を考慮して図示した。第 4 図は測定数の比較的多い角閃石黒雲母花崗閃縁岩および黒雲母花崗岩の計数値のヒストグラムである。

ペグマタイトについては含有する稀元素鉱物の種数および量によつて計数が大幅に変動するので，ペグマタイト自体の計数値は明らかでないが，本地域の岩石中最も大きい計数を示している。なおペグマタイト中，黒雲母型ならびに鉄雲母黒雲母型に属する塊状ペグマタイトが最高の計数値を示した。

以上の結果に基づき，本地域の岩石の平均計数値を第 5 図に示した。

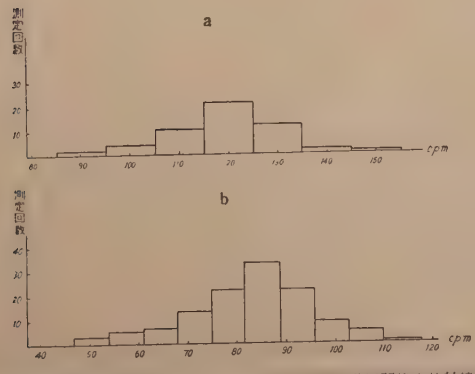


第 2 図　基準計数値（裏玉倉庫内）



a　角閃石黒雲母花崗閃緑岩　　b　黒雲母花崗岩　　c　両雲母花崗岩

第　3　図



a　黒雲母花崗岩放射線強度分布　　b　角閃石黒雲母花崗閃緑岩放射線強度分布

第　4　図

第1表a　石川周辺地区岩石計数値表　(1954, 12)

1．角閃石黒雲母花崗閃緑岩

測点番号	計数値 c.p.m	新鮮度	位置	他岩石との関係	備考
6	93	Ⅰ	石川町免田		
〃	93	〃	〃		切石 40cm×65cm×250cm
11	84	〃	鮫川村彌五郎内		
15	85	〃	鮫川村富田		
20	76	Ⅱ	野木沢村監沢		坑内
〃	63	〃	〃		〃
23	66	Ⅳ	石川町和久		
24	140	Ⅱ	野木沢村	ペグマタイトと接触	坑内
33	83	Ⅲ	野木沢村中野		
〃	89	〃	〃		
37	69	Ⅱ	野木沢村監沢		
42	67	Ⅲ	石川町梁瀬		
44	107		石川町外国見	ペグマタイトと接触	坑内
45	85	Ⅱ	石川町外国見		
53	91	〃	石川町石塚	黒雲母花崗岩との接触部から数10cmの所	
〃	75	〃	〃	〃 数m以下の所	
〃	79	〃	〃	〃 約6mの所	
68	52	Ⅳ	石川町監沢		
70	101	Ⅲ	石川町監沢	〃 1m以下の所	
71	174	Ⅱ	野木沢村	ペグマタイトとの接触部から数10cmの所	坑内
〃	54	〃	〃	〃 約5mの所	
73	70	Ⅲ	石川町大内		
78	83	〃	石川前内	黒雲母花崗岩との接触部から約1.5mの所	
80	127	〃	石川梁瀬	黒雲母花崗岩に捕獲部から約30cmの所	
〃	111	〃	〃	〃 約2mの所	
81	88	〃	石川町外国見		
82	104	〃	石川町梁瀬	黒雲母花崗岩との接触部から数10cmの所	
160	98	Ⅰ	石川町大室		
161	83	〃	石川町立岡		
162	90	〃	〃		
163	81	〃	石川町		
164	91	〃	石川町渡沢	ペグマタイト数条あり	
165	101	〃	野木沢村		
165	93	〃	〃		
166	85	〃	〃		
167	81	〃	〃		
171	77	〃	〃		
173	87	Ⅱ	〃		
174	66	〃	石川町和久		
177	86	Ⅰ			
179	93	〃	二瀬村坂下		
181	73	〃	石川町白石		
182	72	〃	〃		
〃	101	〃	〃		
183	103	〃	〃		
184	85	Ⅱ	石川町外国見		
185	79	Ⅰ	〃		
186	106	〃	〃		
188	90	〃	〃		
189	86	〃	〃		
190	70	Ⅲ	〃		
192	75	〃	石川町石塚		
200	78	Ⅰ	〃		
201	78	Ⅱ	石川町尼子		

〃	85	〃	〃	〃	約6mの所
84	86	〃	石川町外国見	〃	約 1.5mの所
86	84	Ⅰ	〃		
87	80	〃	石川町白石		
88	90	〃	石川町横山		
91	82	〃	〃		
92	84	〃	山白石村本内		
95	77	Ⅱ	石川町大内		
96	82	〃	石川曲木		
103	62	Ⅳ	石川蟹沢	雲母片岩に接触	
107	65	Ⅲ	大森田村北貢峯		
112	58	〃	〃		
114	59	〃	〃		
128	91	Ⅰ	母畑村湯坂		
137	91	〃	母畑村樋田		
138	87	〃	母畑村天升作		
139	89	〃	〃		
140	57	Ⅲ	野木沢村黒沢	黒雲母花崗岩との接触部から約6mの所	
141	74	Ⅰ	〃		
143	85	〃	母畑長石田		
144	83	〃	母畑村湯郷渡		
146	93	〃	母畑村隻里		
140	82	〃	母畑村神主		
149	56	〃	石川町内出	竹貫統を貫ぬく	
151	76	Ⅰ	石川戸草	〃	
152	70	Ⅱ	石川中井		
153	85	Ⅰ	石川発地岡	石灰岩と接触	
155	89	〃	石川栃橋		
157	83	〃	石川南浮庭		
159	92	〃	石川福田		
160	108	〃	石川町大室		
〃	95	〃	〃		

202	75	Ⅰ	〃	
203	100	〃	石川町猫啼	
204	94	〃	〃	
205	92	〃	鹿元坂	
206	53	Ⅳ	石川渡沢	
207	45	〃	鹿元坂	
209	93	Ⅰ	野木沢村	
210	77	〃	〃	
211	76	〃	石川町大内	
217	73	Ⅱ	石川町免田	
218	76	〃	〃	
219	74	〃	〃	
220	96	Ⅰ	〃	
221	84	Ⅲ	石川町高原	
222	68	Ⅳ	石川東内打	
223	95	Ⅲ	〃	
224	83	Ⅱ	〃	
225	85	Ⅰ	〃	
227	84	〃	石川町王子平	
228	86	〃	石川町外国見	
230	76	〃	〃	
231	80	〃	〃	
232	77	〃	石川町白石	
234	99	〃	〃	
235	99	Ⅱ	〃	ペグマタイトに接触
236	105	Ⅰ	石川町渡沢	
237	97	〃	〃	

2. 黒雲母花崗岩

測点番号	計数値 c.p.m	新鮮度	位置	他岩石との関係	備考
36	123	Ⅲ	野木沢村		
38	114	〃	野木沢村監沢		
53	130	〃	石川町石塚	ペグマタイトと接する部分から約3mの所	
〃	119	〃	〃	〃 約1m	
55	143	〃	石川町石塚		
56	129	〃	石川町前内		
〃	119	〃	〃		
67	124	〃	〃		
70	115	〃	石川町監沢	角閃石黒雲母花崗閃緑岩と接する部分から1m以下の所	
〃	130	〃	〃		
〃	138	〃	〃		
72	123	〃	野木沢村		
78	99	〃	石川町大内	角閃石黒雲母花崗閃緑岩と接する部分から約1mの所	
〃	133	〃	〃		
79	113	Ⅱ	石川町外国見		
80	111	〃	石川町梁瀬	閃緑岩を捕獲	
〃	116	〃	〃	閃緑岩を捕獲	
〃	153	〃	〃	〃	
〃	111	〃	〃	〃	
82	124	Ⅲ	石川町梁瀬	花崗閃緑岩と接する部分から約1mの所	
〃	128	Ⅱ	石川町梁瀬		

3. 両雲母花崗岩

測点番号	計数値 c.p.m	新鮮度	位置	他岩石との関係	備考
10	115	Ⅰ	鮫川村山田		岩脈
104	88	〃	頁釜村手沼		〃
105	109	〃	〃		
113	109	Ⅱ	大森田村北頁釜		
116	110	〃	石川松ケ作		
126	118	Ⅲ	〃		岩脈
132	104	Ⅰ	母畑村		
133	115	Ⅰ	大森田村北頁釜		
134	110	〃	石川千五沢		
135	96	Ⅱ	頁釜村煙石		
136	114	Ⅰ	〃		
178	92	Ⅱ	二瀬村手骨		
180	92	Ⅰ	二瀬村		

4. 結晶片岩

9	69	Ⅰ	鮫川村山田		雲母片岩・礫片岩
11	72	〃	鮫川村彌五郎内		雲母片岩
14	64	Ⅱ	鮫川村富田		〃
93	119	〃	山白石村畑田		雲母片岩近くにペグマタイトあり
101	91	Ⅰ	泉村蒜生		雲母片岩
118	110	Ⅱ	石川道州		〃

129	52	I	母畑村		緑泥片岩
130	48	〃	〃		〃
131	63	II	〃		角閃片岩
145	55	〃	〃		〃
148	61	〃	母畑村神主		
150	60	I	石川戸草		雲母片岩

5. 斑　糲　岩

51	51	I	石川町石塚		
60	53	〃	石川町前内		団　塊
65	54	〃	〃		〃
77	57	〃	石川町大内		〃

6. 蛇　紋　岩

102	56	II	泉村小高		
120	48	III	塩江村田畑		蛎石化

7. 凝　灰　岩

12	81	I	鮫川村山田		
94	67	〃	滑津村屋敷耕地		
119	67	〃	浜田村Z字滝		

8. 砂　岩

8	79	I	鮫川村山田		

9. 礫　岩

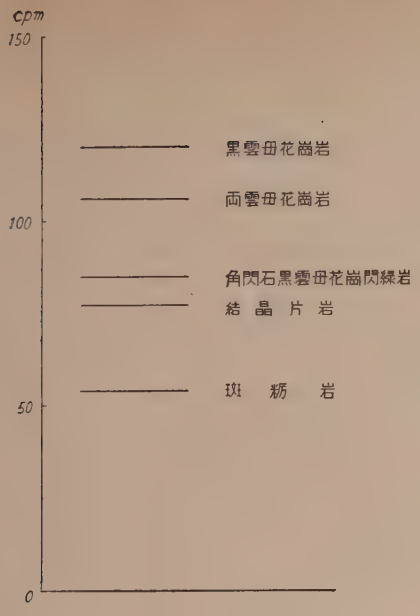
12	101	I	鮫川村山田		

84	128	II	石川町外国見		
〃	127	〃	〃		
〃	133	〃	〃		
85	108	〃	石川町外国見		
97	117	〃	野木沢村		
109	121	III	大森田村北貢釜		
111	83	〃	〃		
140	119	II	野木沢村監沢	閃緑岩との接触部から約 3.5mの所	
〃	120	〃	〃	〃　約 13mの所	
142	112	III	〃		
168	114	I	野木沢村		
169	118	II	〃		
170	117	〃	野木沢村監沢		
175	111	III	石川町前内		
176	98	II	〃		
187	97	I	石川町外国見		
191	116	〃	石川町石塚		
193	126	III	〃		
〃	84	〃	〃		
194	123	I	石川町石塚		
195	132	III	〃		
196	115	I	〃		
197	102	〃	〃		
198	120	〃	〃		
199	116	〃	〃		
208	141	〃	石川街		
212	114	III	石川町大内		
213	131	II	野木沢村		
214	116	〃	石川町大内		
226	116	〃	石川東内打		
229	128	I	石川町王子平		

黒雲母石英斑糲岩
〃

第1表 b 石川周辺地区ペグマタイト計数値表

測点番号	型別	帯別	測定値	位置	備考	測点番号	型別	帯別	測定値	位置	備考
3	B	I	121	石川町梁瀬立岩		34	T		53	野木沢村塩沢	雲母ずり
〃	〃	I II	212	〃		35	不明		103	〃	〃 ずり
〃	〃	I	121	〃		39	G		195	〃	〃
〃	〃	II	168	〃		〃	〃		157	〃	〃
〃	〃	〃	378	〃		40	T		98	石川町和久	〃
〃	〃	〃	268	〃		41	〃		107	〃	〃
〃	〃	〃	428	〃		43	B	I	134	石川町茶畠	
5	B	〃	148	〃	坑内	〃	〃	II	589	〃	坑内
〃	〃		172	〃	〃	〃	〃	〃	340	〃	〃
〃	〃		161	〃	〃	〃	〃	II III	261	〃	〃
〃	〃		176	〃		〃	〃	III	226	〃	〃
7	T	I	154	石川町免田	坑内	〃	〃		84	〃	〃
〃	〃	II	167	〃	〃	44	T		145	石川町外国見	〃
〃	〃	〃	155	〃	〃	46	B		72	石川町王子平	ずり
〃	〃	〃	134	〃		〃	〃		94	〃	〃
16	T	〃	101	石川町宝田前	坑内	47	L	II	2980	石川町猫啼	坑内
〃	〃		80	〃		〃	〃	I II	674	〃	〃
〃	〃		121	〃		〃	〃	I	103	〃	〃
17	T	I	194	石川町和久鉱発	坑内	〃	〃	II	376	〃	〃
〃	〃	〃	170	〃	〃	48	〃	I	135	〃	
〃	〃	II	252	〃	〃	〃	〃	II	212	〃	坑内
〃	〃	III	165	〃	〃	〃	〃		363	〃	ずり
〃	〃	I II	184	〃	〃	49	B		95	石川町渡沢	〃
〃	〃	I	114	〃		50	T		106	石川町石塚	〃
18	T	〃	120	石川町和久鉱発		〃	〃	I	101	〃	
〃	〃	II	125	〃		〃	〃	II	128	〃	
19	T	I	122	野木沢村山下山		53	〃		129		
〃	〃	II	153	〃		〃	〃		138		
〃	〃	〃	82	〃		66	T		87	石川町前ノ内	ずり
〃	〃	〃	135	〃		71	T		107	野木沢村	坑内
20	T	I	131	野木沢村井戸上		〃	〃		113	〃	
〃	〃	〃	134	〃		〃	〃		135	〃	
〃	〃	II	91	〃		89	B	I	121	石川町横山一戸屋敷	
〃	〃	〃	96	〃		〃	〃	II	144	〃	
〃	〃	〃	135	〃		〃	〃	I	122	〃	
〃	〃	〃	158	〃	坑内	〃	〃	II	1792	〃	坑内
〃	〃	I II	140	〃	〃	〃	〃	I	158	〃	
〃	〃	II	197	〃	〃	90	B		122	石川町横山	ずり
〃	〃	I	118	〃	〃	〃	〃	I	122	〃	坑内
21	T		302	野木沢村貝人場	ずり	〃	〃	II	210	〃	坑内
〃	〃		196	〃	〃	108	T	I	122	大森田村北須釜	
〃	〃		235	〃	〃	〃	〃	II	261	〃	坑内
22	T		249	野木沢村八山	〃	110	不明	I	75	〃	
〃	〃		210	〃	〃	〃	〃	III	44	〃	
24	B	I II	293	野木沢村塩沢	坑内	127	G		104	〃	ずり
〃	〃		192	〃		216	T		132	石川町塩平	長石ずり
25	不明		135	〃		〃	〃		62	〃	雲母ずり
〃	〃		126	〃		122	T		319	雲水峯	
26	T		103	石川町新屋敷	ずり	〃	〃		394	〃	
27	T	I	132	〃		〃	〃		287	〃	
28	G	〃	127	〃		〃	〃		616	〃	
〃	〃	II	142	〃	坑内	〃	〃		572	〃	
〃	〃		142	〃		〃	〃		503	〃	
〃	〃	II	139	〃		〃	〃		268	〃	坑内
30	T		76	石川町塩平	坑内	〃	〃		960	〃	〃
31	〃		147	〃	〃	158	T		110	石川町南山形（旧山橋村）	
32	〃	I	122	〃							
〃	〃	II	100	〃					112	〃	

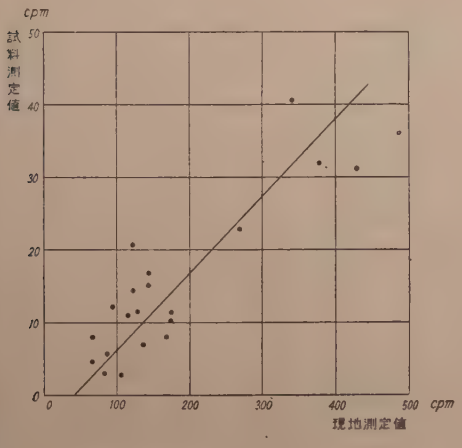


第5図　石川町周辺岩石平均計数値

花崗岩類については貫入年代の最も古い角閃石黒雲母花崗閃緑岩の計数が最も小さく，両雲母花崗岩・黒雲母花崗岩と順次大となり，最も新しいペグマタイトの計数が最も大きい計数となつている。

6. 試料による放射能強度

岩石試料を粉末とし(48 mesh)，径 25mm，深さ 7 mm の不銹鋼製試料皿に科研製 β, γ 用 BL 1 型計数管の縁面下 5 mm において測定した。測定時間は試料測定，Background 測定ともに30分で Background は鉛 5 cmにて遮蔽し，約 20 c.p.m. で，測定値はこの値を差引いてある。



第6図　現地測定値と試料測定値との関係

試料測定の目的はウラン当量の決定その他種々あるが，今回は現地測定値との関係を第6図に示した。図によれば試料測定値と現地の測定値との関係は相当複雑で，必ずしも直線関係を示すとはいい難いが，図では便宜上直線で表示した。

このばらつきの原因としては，計数管の相違，試料が必ずしも附近の岩石を代表しないなどによるものと考えられる。

7. 測定結果に対する考察

7.1 岩石の測定値

岩石の放射能は種々の要素によつて変化することが考えられる。すなわち岩石の構成成分，変質，風化，岩体の部分等によつて変化し，また岩石の大小，GM計数管の位置によつても左右される。地表と坑内との測定値も当然直接比較することはできない。しかし放射性鉱物鉱床を含む坑内の場合，計数の大部分は放射性鉱物の影響のみで決まるとみられるので，大ざつぱな比較にはさしつかえないであろう。

なお今回の測定はほぼ一定の測定法により，すなわち計数管を水平にして露出した岩石に直接あてて測定したが，結果的にみて，各測点による測定値に計数管の位置による差異は認められなかつた。

7.2 岩石風化の影響

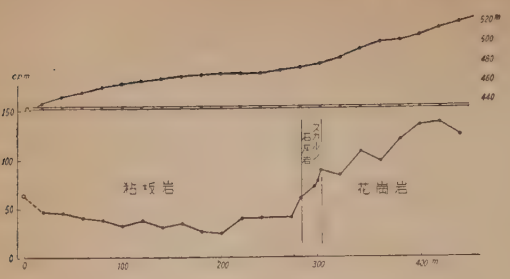
第1表および第3図において，風化の最も進んだ段階である新鮮度Ⅳの岩石は，測定番号23，68，103，206，207，222の角閃石黒雲母花崗閃緑岩の計数にみるように，明らかに計数が減少している。一般に岩石に含まれるウラン化合物は，風化によつて溶解され，減少する傾向を示すことは当然考えられることで，この事実は予期される現象であろう。

しかし新鮮度Ⅲ以上の岩石については風化の影響は著しくないように思われる。

7.3 岩石境界の計数

2つの岩石が相接する境界附近においてしばしば計数の異常が認められた。今回の測定においては大体境界面から1m以内の距離においてこの現象がみられるようである。例えば黒雲母花崗岩と1m以内において接している測定番号53，70，80，82の花崗閃緑岩およびペグマタイトと接する測定番号71の花崗閃緑岩の計数は，大体において地域内の平均計数値より大きい値を示している。

また角閃石黒雲母花崗閃緑岩に近接する測定番号70，78，82のうち，70，78の黒雲母花崗岩は平均より小さい計数値となり，調査地域内においては2つの岩石が相接する場合，概して1m以内において，異常値を示すよう



第 7 図　高之倉大平坑坑口および南押

である。この現象はβ線用端窓型計数管を岩石に直角にあてて測定した場合にも認められた。

なお参考のために他地域における例をあげると，福島県高之倉（第7図）における花崗岩の計数は約 100m以内において異常がみられ，また生野鉱山の例[1]では鉱床附近においてさらに広範囲の異常がみられるようである。この現象は探査上重要である。その原因は鉱床の有無，相接する岩石の種類などによつて左右されるものであろうが，今後研究の必要があるものと考えられる。

7.4 岩石の大きさ

測定される岩石の大きさによる影響については充分の資料は得られなかつたが，径 1 m程度以上の石材ないし転石についての測定値は，大体附近の露出岩石と同一計数を示した。

7.5 ペグマタイトの計数

ペグマタイトの計数は含有される放射性鉱物の種類および量によつて大幅に変化しているが，かりに明らかに大きい計数を示すものとして，300c.p.m. 以上の計数を示すものを第1表から求めれば，ほとんどすべてL型またはB型の第2帯に含まれている。ただ本調査地域中測定番号 158（南山形）の鉱床とともに地質的に型を異にするとみられている測点番号 122の雲水峯のペグマタイトは，いずれも 300 c.p.m. 以上を示すのが唯一の例外となつている。T型，G型は一般に計数は小である。

8. 結　論

昭和29年12月福島県石川町周辺地区においてGM計数管による放射能探査を実施し，次の結果を得た。

1) 地域内ペグマタイトのうち，鉄雲母黒雲母型および黒雲母型は特に大きい放射能強度を示し，電気石型・柘榴石型のペグマタイトは一般に弱い。

2) 岩石の放射能強度は風化，2種の岩石の境界等によつて影響される。そして今回の調査結果においては一般にはなはだしい風化を受けた岩石の計数値は減少し，それ以外の場合は計数値に対する影響は明らかでない。また岩石境界附近（1 m以内）の計数値は異常値を示した。

3) 簡単な保温措置によつて現在使用のGM管は 0° 附近までの低温においても実用上使用できるものと思われる。

（昭和 29 年 12 月調査）

文　献

1) 岩崎章二：兵庫県生野鉱山放射能探査報告，未発表

2) 松原秀樹：福島県石川町附近のペグマタイト鉱床調査報告，地質調査所月報，Vol. 7, No. 8, 1956

553.495：550.8(71＋73)

アメリカおよびカナダにおける核原料物質探査技術

佐　野　浚　一*

The Techniques for the Exploration of Nuclear Raw Materials in the United States of America and Canada

By

Shun'ichi Sano

Abstract

This report describes the systems of the exploration for nuclear raw materials by the federal governments and the techniques of the exploration, especially the application of geophysical methods. The writer wishes his sincere thanks to the United States Atomic Energy Commission, the United States Geological Survey, and the Geological Survey of Canada for their kind attitude toward the writer as a training during the period from Oct. 1956 to Jan. 1957. The writer thanks alss the Atomic Energy Commission of Japan for the fund of the foreign training program granted to the writer.

1. 緒　言

筆者は昭和31年9月29日から32年1月17日まで，原子力関係留学生としてアメリカおよびカナダに派遣され，その間 Division of Raw Materials, U. S. Atomic Energy Commission; U. S. Geological Survey および Geological Survey of Canada の各施設において核原料物質探査技術，とくに物理探査技術について研修した。北米合衆国およびカナダにおける核原料物質探査技術について概略をこゝに紹介する。

2. 探査組織

2.1 国家機関による探査

アメリカおよびカナダでは数年前まで国家機関により核原料物質の探査が行われていたが，現在では個々の鉱床の探査はすべて民間の事業として解放されている。

アメリカでは Division of Raw Materials, U. S. Atomic Energy Commission および U. S. Geological Survey において探査が行なわれてきた。現在でもこれらの機関において地質学的・鉱床学的研究を主体とする地域調査，鉱床探査に関する技術の基礎的研究が実施されている。

U. S. Atomic Energy Commission では Grand Junction Operation Office 註1) および各地の Area Office, Sub Office 等に探査技術員を分散配置している。このうち，Grand Junction Operation Office には Exploration Division 内に Geologic Branch を設け，約 100名の人員を擁している。当 Branch では Colorado Plateau のウラン鉱床の調査を担当し，Colorado Plateau を4つの District に分割し，さらにこれらの District をいくつかの Area に分けて，所属の地質調査員に分担調査させている。これらの地質調査員の一部は鉱床所在地附近の Area Office に駐在し，またとくに重点的に調査する鉱床附近にはトレーラー・ハウスを主体とする現場作業所（Camp）が駐けられる。またこの Geologic Branch には Chief's Office, Petrology-Mineralogy Section, Geologic Report and Information Section, Geophysics-Geochemistry Section が設けられ，地質調査作業を援助する。また Grand Junction Operation Office の Engineering Service Branch 所属の Instrument Section, Photogrammetry Engineering Section, Drafting and Photography Section 等が Geologic Branch の作業に協力する。また Engineering Service Branch に Airborne Section が属していたが1956年9月に解散して，現在は4機を Operation Office および Area Office に分散配置している。

Grand Junction Operation Office 以外では，Denver Area Office 註2) に比較的大規模の探査部門が属している。当 Area Office では Rocky 山脈東側のウラン鉱床の調査を担当するとともに，物理探査・地化学探査班

* 物質探査部

註1) Grand Junction, Colorado

註2) Denver, Colorado

を有し，各地域の物理探査・地化学探査を担当している。

これらの機関による鉱床調査事業ならびに他の国家機関鉱床調査事業および関連技術の研究は Associate Director for Exploration, Division of Raw Materials, U. S. A. E. C. によつて統轄される。

U. S. Geological Survey では核原料物質探査に関する特別な部門を設けず，Geologic Division 内に Trace Element Planning and Coordinate Official (TEPCO) を置き，原子力関係予算による事業の企画・統制を行つている。TEPCO は Washington D. C. および Denver註3) に各1名をおき，それぞれに10名以上の事務局員が従属している。

U. S. Geological Survey は本部を Washington D. C. におき，本部において主としてアメリカ東部の地域における調査事業を担当し，U. S. Geological Survey, Denver において中・西部における調査事業を担当している。一般に U. S. Geological Survey が行つている原子力関係事業は Division of Raw Materials, U. S. A. E. C. に直属する機関において行われている鉱床調査事業に比較して，基礎的・研究的である。ウラン鉱床の地質学的・鉱床学的研究のほか，各種岩石中のウランの分布・岩石中の炭質物・岩石中のウランの風化による移動・ウラン鉱物の合成・地殻における安定同位元素の分布・地質年代の決定・大気中におけるラドンおよびトロンの分布・中性子検層を含む放射能検層法・γ線の散乱などの研究が原子力関係予算によつて遂行されている。

カナダにおいては Radioactive Resources Division, Geological Survey of Canada および国家資本によつて設立された Eldrado Mining and Refining Limited によつて探査が行なわれていたが，民間による探査事業が成長するにつれ，Eldrado Mining and Refining Limited の探査部門は解散し Geological Survey of Canada の Radioactive Resources Division は Mineral Deposits Division に吸収された。また Radioactivity Division, Mines Branch, Department of Mines and Technical Survey および National Research Council Laboratory においても探査技術に関する研究が行なわれた。

2.2 民間による探査に対する援助

アメリカでは民間によるウラン鉱床の探査を奨励した。民間に対する援助はおもに情報の提供・鉱石の試験の形で行なわれている。

U. S. Atomic Energy Commission の予算による調査研究活動の報告書のうち，機密を要しないものは公刊され，一般に販売される。そのうえ各州の公立図書館ないし大学図書館において公衆の閲覧に供する。鉱床探査に関する報告書はすべて公刊される。U. S. Geological Survey では，原子力関係予算以外の予算による調査・研究と同様に同所の報告書として出版する価値があることを所長が認めたものにかぎつて U. S. Geological Survey Bulletin または U. S. Geological Survey Professional Paper として出版される。U. S. Geological Survey で原子力関係予算によつて行われた研究調査については，少なくとも年1回宛 U. S. Atomic Energy Commission に対して報告書が提出され，これらは U. S. Atomic Energy Commission から出版される。

空中放射能探査によつて発見された放射能強度異常地域ないし地点を示した地図が U. S. Atomic Energy Commission または U. S. Geological Survey によつて出版され，また上記機関の本部・支所等において公衆の閲覧に供していたが，現在ではこの種類の地図の出版は中止されている。民間の探査事業が政府の援助を必要としない程度に発展したからである。同様な理由によつて U. S. Atomic Energy Commission による試錐作業も中止された。

民間の探鉱者から送附された鉱石試料については U. S. Geological Survey または U. S. Atomic Energy Commission 所属の施設によつて無料で物理的分析（Radiometric Assay）が行われ，ウラン当量（% U_3O_8 equivalent）が測定される。従前はウランの化学分析および鉱物鑑定も民間の探鉱者のために行われていたが，民間における探査事業の発展とともに中止された。

カナダにおいては放射性鉱物鉱床探査に関する報告は主として Geological Survey of Canada から出版される。Geological Survey of Canada ではまた民間の探鉱者のために鉱石試料の物理的分析を無料で行なつている。しかし物理的分析を行う民間会社と競争しないために，1鉱床地域に対して6個以下の試料に制限されている。

3. 探査技術

アメリカおよびカナダにおいては鉱床探査と探査技術の研究とが同時に出発したために，鉱床探査は必ずしも組織的・系統的には行われなかつた。

空中放射能探査はアメリカにおいて非常に有効な探査法であると考えられているが，カナダにおいてはその有効性はあまり認められていない。地表概査や鉱石・試錐

註3) Colorado

岩心の検査等によつても多数の鉱床が発見されている。しかし民間における探査活動が非常にさかんであつてその現状が充分把握されていないので，どの探査法がどの程度有効であつたかはわかつていない。

アメリカの一部の研究者は統計的研究の結果に基づいて，地表水のウラン含有量の地域的分布の測定が鉱床概査として有効であると主張している。

探査技術については，1955年ジュネーブで開かれた国際原子力平和利用会議に多数の報告が提出され，その後とくに著るしい発展はみられない。したがつて以下には，物理探査技術を中心として同会議の報告には示されていないことがらや，とくに重要と思われている事項に関し記述する。

3.1 空中放射能探査

飛行機に放射線測定器を設備し，迅速に放射能強度の異常を探索する空中放射能探査は各国家機関や民間において盛んに行なわれている。U. S. Atomic Energy Commission では小型機による低高度探査，U. S. Geological Survey や Geological Survey of Canada では大型機による高高度探査が実施され，民間では各種の探査が行なわれている。

U. S. Atomic Energy Commission による空中探査

前述のように U. S. Atomic Energy Commission では Grand Junction Operation Office に Airborne Section を置き，9機を所有していたが，Airborne Section 解散後は Salt Lake City[註4], Grand Junction に各1機，Denver に2機を分散配置し，他の飛行機を売却した。

これらの飛行機は Peiper Super Cab で，Mount Sopris Instrument Corporation 製 SC 188DA 型ないし Nuclear Enterprises Ltd. 製 MARK VI 型シンチレーション・カウンターを搭載する。シンチレーション・ヘッドは直径5″，厚さ2″の Na I (Tl) に5″の増倍型光電管を使用したもの各1個を用いる。なお自記記録計を装備し Mout Sopris Instrument Corp. 製の装置には電波高度計を附属する。

1調査班は操縦士1名，調査員1名，また飛行機1台と自動車（Station Wagon）1台とからなる。操縦士は整備士の資格を併せもつことが必要であつて，僻地においても常に飛行機の整備が充分できるよう配慮されている。

調査地はもちろん地質学的考察に基づいて選定される。作業に使用する地形図としては，入手可能な地形図のうち縮尺 1/60,000～1/10,000 程度のものを用いる。

調査飛行はおもに等高線に沿い 50～150 ft の間の一定対地高度で行なわれる。対地高度を一定に保つためには，100ft以下の場合は操縦士の目測により，100ft以上の場合は電波高度計による。また峡谷（Canion）では崖に沿い崖の面から数10 ft の一定距離で飛行する。飛行速度は50～75mph である。

飛行中に調査員は記録紙上に川・道路などの著目の目標を通過した位置を記入し，また放射能強度がバックグラウンド・カウントの 3½ 以上の値になつたときはその位置を地図上に記入する。一度通過しただけでは異常の位置を明瞭に把握できない場合も多いから，通常施回して2度以上異常点を通過する。

調査飛行は払暁から約3～4時間，1週間5日宛実施される。したがつて1機当り1カ年約 700 時間，約 30,000 line mile 飛行する。通常1調査班に対して2つの調査地を与え，一方が天候が悪くても他方の調査地で飛行できるように計画する。調査の経費は器材の償却費を除外し，燃料費・整備費・俸給等で1機1時間当り60$程度であつて，商業機を傭い上げ使用する場合の数倍に達する。しかし危険な作業であるので U.S.A.E.C. では経費にかゝわらず飛行機を専有して整備に万全を期しているのである。

Colorado Plateau においては多数の鉱床ないし鉱床地帯が空中探査によつて発見されたが，放射能異常が認められたにかゝわらず鉱床の露出を発見できなかつた場合，逆に鉱床の露出が実在するにかゝわらず空中探査によつて放射能異常が認められなかつた場合も多い。これらの現象は大ていウランおよびその崩壊生成物の地層中の移動の差異によつて説明されている。

過去においては放射能異常地点を地図上に図示して公表する業務が主体であつたが，現在では地質学的・鉱床学的研究に対する資料を蒐集することを目的としているので，多くの場合測定結果は等放射能強度線図（Isorad Map）として表現される。しかしこの図面は公表されていない。

U. S. Geological Survey における空中探査

U.S. Geological Survey では経常的作業として空中磁気探査を実施しているが，この作業に伴なつて同時に空中放射能探査をも行つている。しかし空中放射能探査では対地高度をなるべく一定に保つことが望ましいけれども，空中磁気探査では目的によつては海面上からの高度を一定に保つことが必要であるから，必ずしも同時に2種類の探査が行われるとは限らない。U. S. Geological Survey では Geophysics Branch に Airborne Surveys Section を置いて約35名の人員をもち，その大部分は Washington D. C. にあるが Grand Junction

註 4) Utah

Operation Office, U. S. A. E. C. 内にも図化（Compilation）のための施設を有する。大型機による高高度探査では従来の物理探査ないし地質調査と異なり企画・測定・図化・解析の諸作業がそれぞれ分離して行われる。

空中探査用放射線測定器は Oak Ridge National Laboratory[註5] および U. S. Geological Survey により製作されたシンチレーション・カウンターであつて，ヘッドとして直径4″，厚さ2″の Na I（Tl）結晶および5″の増倍型光電管を使用したものを6個使用する。測定器の構成は室内用の計数率計と同様であつて，直線増幅器，積分型波高弁別器・計数率計からなる。計数率計の自記記録計用出力増幅器は2個設けられ，うち1個は電波高度計の出力によつて利得が変化し，自動的に高度補正が行なわれる。なお，計数率計の較正を随時行えるように試験用発振器および標準放射線源を附属する。これらの測定装置の電源は AC 117V を使用する。

放射線測定器および，空中磁力計のほか，電波高度計・垂直航空写真器を装備している。電波高度計は米軍制式 APN-1 型である。垂直航空写真器は Fred Sonné Camera (Chicago Aerial Camera Co. 製のスリット式写真器)で，ジヤイロ装置によつて常に垂直下の地物が連続的に撮影される。また目視によつて大体の位置を決定するため，垂直下を透視する照準鏡を使用する。

これらの各種測定器に対する電源は，飛行機に搭載しているガソリン発動機に直結した直流発電機(28V)を使用する。放射線測定器・試験用発振器に必要なAC 117Vは，さらに変流器により直流から変換される。

調査に使用する飛行機は Douglas DC-3 であつて，2機を所有している。1調査班は機長・副操縦士・地点標定員・放射能測定員・磁気測定員各1名を最小限度としている。

調査の企画・実施のために使用する地形図は各種のものが用いられているが，おもに偏歪修整した垂直航空写真“モザイク”を使用する場合が多い。これらの地図上に飛行予定線を引き，予定線にできるだけ忠実にまた対地高度をなるべく 500ft に保ちながら約 150mph の速度で飛行する。これらの地図の縮尺は1″対1 mile（約6.2万分の1）程度である。調査地の単位は多くの場合経緯度 15° すなわち約 30km 四方の広さであつて，東西または南北方向に 1/4～2 mile 間隔の測線をとる。別にこれらの測線群に直角に数本の測線をとる。相接する2つの測線を実際に互に交わらないように飛ぶためには，間隔が 1/4 mile 以上であること，および操縦士が60時間以上の訓練飛行を受けることが必要である。

調査飛行は払暁から3～4時間実施し，年間1機当り約 700 時間，すなわち 60,000 line mile 飛行し，約 30,000 mile² を調査する。調査に要する経費は器材の償却費を除き消耗品費・俸給等で飛行および図化作業を含めて1 mile 当り7～10$である。民間における空中探査会社による同種探査の経費に較べ約半額であるが，図化作業の能率は民間会社に比較して低い。

図化作業は4～5名1組で次の順序で行われる。

1） 垂直空中写真によつて飛行機の航跡を地図上に記入する。

2） 測定範囲・零線の異なる測定結果を統一する。

3） 測定器の指度の時間的変動を算定して測定結果を補正する。

4） 測定結果を地図上の航跡に記入し，等指度線（Contour）を引く。

5） 製図・印刷。

図化作業は空中磁気探査については常に行なわれるが空中放射能探査については地質学的に興味のある場合以外に対しては実施されない。図化のための作業員は約25名である。したがつて測定要員の2～3倍に達する。

また空中探査による等全磁力線図は出版されているが，現在では空中探査による放射能異常地点分布図ないし等放射能強度線図は出版されていない。

空中で測定される放射能強度に対する高度補正は半無限体に一様に放射性物質が分布している場合に対して，飛行中に自動的に行われる。補正が自動的に行われる高度は50～1,000 ft であつて，この範囲外の高度では放射能強度と高度との関係が簡単な函数関係から外れる。一様な半無限体以外の放射線源，例えば点源に対してにもちろん上記の自動補正は成立しない。

空中放射能探査に関する基礎的研究としてγ線の散乱に関する理論的ならびに実験的研究が行われている。実際の探査結果に一応適用できる場合としては，一様な半無限体の場合に空中放射能強度から岩石のウラン含有量を求める問題および地表に一端を露出する垂直半無限円柱状の鉱床の場合にその品位と半径を求める問題などが解かれた。これらの問題の解決に必要な数値計算の一部は New York University の電子計算機研究室と協同で行なわれた。

空中放射能探査によつて発見された放射能異常は，多くの場合鉱床の露出による狭い範囲の異常であつた。しかし近年になつてウラン鉱床に関連するそれほど著しくないが数 mile² にわたる異常がみいだされた。その一つは Rocky 山脈東側の変成岩中のウラン鉱床およびその周辺部においてであり，もう一つは Texas 州の堆積

註5） Oak Ridge, Tennesee

岩中に潜在するウラン鉱床およびその周辺部においてである。前者では岩石を採取して分析した結果，異常を示した地域の試料は，異常を示さない地域の試料に対して同種の岩石であるにもかゝわらずウランおよびカリウムの含有量が多かつた。

なお，U. S. Geological Survey では Colorado Plateau の地下構造を決定するため原子力関係予算によつて空中磁気探査を実施している。

Geological Survey of Canada における空中探査

Geophysics Division, Geological Survey of Canada では U. S. Geological Survey とほゞ同様な方法で空中探査を実施している。

空中探査用放射線測定器は Physics Division, National Research Council Laboratory で製作されたものであつて，直径2″，厚さ4″の Na I (Tl) 結晶および2″の増倍型光電管によつて構成されるシンチレーション・ヘッド2個を使用する。このほか，空中磁力計・電波高度計・垂直航空写真器を使用しているが，対地高度変化に対する放射能強度の自動補正は行つていない。飛行機は Canso（空陸両用大型哨戒機）で冬期は飛行しないので機長および副操縦士は臨時的に他の政府機関から配属される。年間約 40,000 line mile を飛行する。

空中磁気探査結果は等磁力線図として図化され出版される。空中放射能探査結果は多くの場合バックグラウンド・カウント（湖水上の値）の2倍以上の地域を等磁力線図に記入することによつて表現される。等磁力線図の標準的な縮尺は1″対1 mile である。図化のための作業員は10名弱である。

民間における空中探査

民間において依頼により空中探査を行う会社は多数あるが，Aeromagnetic Survey Co. (Tronto, Ontario, Canada), Aero Service Corp. (Philadelphia, Pa., U. S. A. および Ottawa, Ontario, Canada) の2社が大きい。この2社は Canso, Douglas DC-3, Beachcraft AT-11, Beachcraft D-18 および Anson などの双発機，Sikorsky S-55, Bell 47-G などのヘリコプター，Cesna 170, Cesna 180, Peiper Super Cab 等の軽飛行機等を多数所有して空中磁気探査・空中放射能探査・空中電磁探査等を実施しており，北米合衆国・カナダの地方政府機関ないし民間会社に対してのみならず，イギリス・オーストラリヤ・中南米・東南アジア諸国等，世界各国の政府機関や民間会社とも契約している。探査方法は U. S. Geological Survey, Geological Survey of Canada において行なわれているものとほゞ同様である。

U. S. Atomic Energy Commission で実施しているような低空探査を行なつている会社ないし個人は多数あつて，その現況は充分把握されていない。

3.2 自動車放射能探査

アメリカにおける自動車放射能探査はおもに U. S. Geological Survey により研究され，実施されたが，現在では全国主要道路の調査を終わり，とくに鉱床学的・地質学的に興味のある地域において研究的に実施している。

放射線測定器は Mount Sopris Instrument Corp. 製 SC-128 型シンチレーション・カウンターである。直径3″，厚さ2″の NaI (Tl) 結晶および直径3″の増倍型光電管を用いたヘッド1個を自動車 (jeep station wagon) の屋根に取付けて使用している。ヘッドの下部および前後部は厚さ½″の鉛で庶蔽されている。測定器および自記記録計は運転台のダッシュの下に取付けられ，運転者1名だけでも調査を行なうことができるようになつている。実際に自動車探査は運転者を含め1～2名で実施された。そして鉱床の露出による著しい放射能異常を発見することのみを目的とし，調査結果は出版ないし公表されていない。空中探査が容易に行われ，また有効であるため自動車探査技術はほとんど発展しなかつた。

U. S. Geological Survey, Denver では現在でも15組の自動車探査用シンチレーション・カウンターを所有し，その大部分は jeep station wagon に一部分は乗用車に取付けられている。自動車探査は独立の調査としてでなく，地質鉱床調査・技術指導のための出張に伴なつて簡単に行われる。

U. S. Atomic Energy Commission では自動車探査によつてウラン鉱床地域の精査を研究的に実施している。測定器は直径7″，厚さ4″のプラスチック螢光体を有するシンチレーション・ヘッドを備えた Nucleonic Co. of America 製シンチレーション・カウンターおよび直径5″，厚さ2″の NaI (Tl) 結晶を有するシンチレーション・ヘッドを用いた Mount sopris Instrument Co. 製シンチレーション・カウンターを jeep station wagon の屋根に取付け，1 mile 以下の間隔をもつ測線によつて放射能強度の測定が行われ，等放射能線図が作製されている。あまり顕著ではない異常が潜在するウラン鉱床に関連するであろうと考えられているが，確実に証明された例はない。

いわゆる自動車放射能探査には属しないが，U. S. Geological Survey ではラドン測定装置を装備したトラック2台を所有し，天然ガス坑井のラドン含有量を測定している。現在までに数多くの測定結果が集積されているがウラン鉱床との関連についてはあまりはつきりした

結論は得られていない。測定器は電離函にヴァイブレーション・リード型電気計を結合したものであつて，University of Utah 註6)で設計・製作されたものである。

3.3 地表放射能探査

自動車放射能探査以外の地表放射能探査は地質鉱床調査に伴ない，地質調査員によつて行なわれるのが普通である。したがつて定量的な測定は必らずしも要求されない。定量的な資料は採取された岩石・鉱石の試料についての各種の測定によつて得られる。もちろん，探査の初期においては地表における精密放射能測定が実施された。そして同一地域において多数の試錐孔を掘り，地表下の放射能強度と地表における放射能強度との比較が行われた。また空中放射能探査による測定結果との比較も行われた。

U. S. Geological Survey, Denver の Radiation Laboratory では 1952, 53 年に携帯用シンチレーション・カウンターの研究を行い，増倍型光電管の出力を単一波発生回路に直結し，整形されたパルスを整流して真空管電圧計で指示する型式の回路を完成した。現在アメリカおよびカナダで市販されている携帯用シンチレーション・カウンターはほとんどこの構成に従がつている。

このほか，全強度型の携帯用シンチレーション・カウンターの試作も行われたが，温度変化による指度の変動が大きいため未完成のまゝ試作が中止された。前記の型式で充分であると考えられているので，その後新しい型の試作は行われていない。

U. S. Atomic Energy Commission および U. S. Geological Survey では各種の市販携帯用シンチレーション・カウンターおよびガイガー・カウンターを購入し使用している。U. S. Atomic Energy Commission では Electronic Laboratory (Engineering Service Branch, Grand Junction Operation Office 所属)によつて，また U. S. Geological Survey では Radiation Laboratory, U. S. Geological Survey, Denver によつて，すべての携帯用放射線測定器が管理され，関係の国家機関に対して貸出される。これらの Laboratory は電子工学技術者によつて構成され，各種測定器の修理・調整・検定および研究を行つている。

携帯用放射線測定器として各種の製品が使用されているので，測定結果を例えば計数率で表現すると，同じ場所でも異なつた測定器で測れば値は異なる。したがつて測定器による測定値が直ちに比較できるようにするために，U. S. Geological Survey ではラジウムの点源からの一次γ線による電離強度すなわち mr/hr 単位によつて携帯用測定器を較正することを勧告した。現在市販されている製品はほとんど mr/hr 単位によつて指示されている。mr/hr 単位で較正する場合には，被較正測定器を U. S. National Bureau of Standard によつて検定された 1～5 mg程度の白金カプセル入ラジウムから 1～7 m 離れたいくつかの位置に置いて指度を読取り，標準ラジウム線源の検定値から計算される mr/hr の値にできるだけ合うように被較正測定器の目盛を定める。シンチレーション・カウンターの場合には散乱γ線の影響が大きいので，一次γ線を鉛で庶蔽し，散乱γ線による測定値の部分を求めて差引かなければならない。この較正法の偏差は20%と考えられている。

カナダでは携帯用測定器の較正に対しては特別な勧告は行われていないが，北米合衆国における情勢を反映して最近の市販製品はほとんど mr/hr で較正されている。

Radioactivity Division, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys で国家機関で使用する携帯用測定器の修理・調整が行われており，その大半がこの Division で製作された。

3.4 放射能検層

Colorado Plateau においては，採鉱試錐に伴ない，地質学的・鉱床学的資料蒐集のため，また鉱量計算のため放射能検層が大規模に行われている。

U. S. Geological Survey による放射能検層

U. S. Geological Survey で現在経常的作業に使用している放射能検層器は U. S. Geological Survey の Radiation Laboratory で製作したものであつて，9 台を所有している。この装置は jeep station wagon ないし小型トラックに積載され，直径 7/8″，長さ 7″ の G・M計数管を使用し，測定器の構成は実験室用の計数率計と同様である。検層器に必要な電源は自動車のエンジンに連結した AC 120V・2.5kW の発電機によつて供給される。ケーブルの長さは 2,000 ft で巻取器は交流電動機によつて駆動される。巻取器の回転と電子管式自動平衡型記録計の記録紙の送りとはセルフ・シンクロナス・モーターによつて連動する。

検層速度すなわちケーブルを引揚げる速度は 5 ft/min で計数率計の時定数を 3 sec とする。現在の装置でこの測定条件で0.01～1.0 % eq. U_3O_8 の鉱床が厚さ 0.5 ft まで検出できる。カーノタイト鉱石および砂で作つた模擬坑井によつて装置を検定し，検層結果によつて直ちに鉱床の品位および厚さが求められる。坑井内にケーシングや坑泥水が存在するときは別の実験資料によつて補正される。しかし，Colorado Plateau のウラン鉱床に対する試錐孔ではケーシングや坑泥水が存在することはまれである。検層班は原則として 1 班 1 名（自動車の運転

註 6) Salt Lake City, Utah

者を含む）で構成される。

現在使用している放射能検層器はいくぶん時代遅れとなつたので，Mount Sopris Instrument Corp. 製 Scintillation Spectrometer SR-300 型を購入し逐次切換えるよう準備を行つている。しかしこの装置に取付けるシンチレーション・カウンター・プローブの型式は決定されていない。またこの装置は Newtron-Gamma 検層・Gamma-Gamma 検層の研究にも使用される予定であるが，これらの検層技術がウラン鉱床の探査に有効であるとは期待されていない。

また山岳地帯の試錐孔で使用するために小型の検層器が U. S. Geological Survey, Denver の Radiation Laboratory で25台製作された。回路構成は携帯用シンチレーション・カウンターと同様であつて増倍型光電管の出力をケーブルのインピーダンスに整合させるためケーブルの両端にトランスを挿入した点が異なるだけである。電流計型自記記録計の送りは坑井口へケーブルを導くために使用されるプーリーの軸に取付けたフレキシブル・ワイヤーによつて連動する。ケーブルの長さは1,000 ft である。これらの検層器は Radiation Laboratory によつて管理され，地質調査員による地質・鉱床調査に際して貸出される。この装置による定量的測定は期待されていない。

U. S. Atomic Energy Commission による放射能検層

Grand Junction Operation Office に9台，Denver Area Office に1台の放射能検層器を所有する。これらのうち3台は電気検層と放射能検層とを同時に行う方式のものである。

放射能専用の検層器は Grand Junction Operation Office の Electronic Laboratory で製作されたもので，直径1⅛″・厚さ1½″ の NaI (Tl) 結晶を使用するシンチレーション・カウンターである。装置はすべて jeep station wagon に積載され，自動車のエンジンに直結した AC 120V・4 Amp. の交流発電機が電源として使用される。巻取器は½ H.P.・15 V の直流電動機により駆動され，直流はセレン整流器により供給される。ケーブルを坑口へ導くために自動車内に取付けたプーリーの軸と電子管式平衡型記録計の送りとはセルシン・モーターによつて連動する。ケーブルの長さは2,000 ft でケーブルに対するインピーダンス整合はトランスによつて行われる。

検層速度は10 ft/min，時定数2 sec，記録紙送り速度は1 in 対1 ft で，鉱床の厚さに対する分解能は約 0.1ft と考えられる。U. S. Geological Survey, Denver と同様な模擬坑井による検層器の検定も行われているが，検層結果の解析はおもに岩芯試料の分析値との比較によつて求められた関係を使用する。鉱床の品位および厚さを求めることを目的としていることには変わりない。

U. S. Atomic Energy Commission では原則として放射能検層と同時に電気検層が実施される。電気検層は地層の区分をするために使用され，放射能検層と電気検層とを併用することによつてウラン鉱床の賦存する地層・鉱床の品位および厚さが求められる。Colorado Plateau におけるような堆積岩中の鉱床では一つの鉱床に対して普通多数の探鉱試錐が行われるので，多数の坑井による検層結果から鉱床を賦存する地層の形状・鉱床の品位および形状を推定する。U. S. Geological Servey では放射能検層を物理探査の一つの技術として取り扱つているのに反して，U. S. Atomic Energy Commission では検層技術は地質鉱床調査に直結するものとして取り扱われている。また検層結果によつて求められた鉱床の厚さおよび品位に関する資料は Ore Reserve Branch, Grand Junction Operation Office に送られ，鉱量計算に利用される。鉱量計算では採算のとれない鉱床を考慮にいれる必要はないから，品位0.15%.U_3O_8 以下，厚さ4 ft 以下のものは計算から除外される。

放射能検層および電気検層を同時に行う検層器は Mount Sorpris Instrument Corp. によつて U. S. Atomic Energy Commission のために製作されたもので，一つのプローブ内にシンチレーション・カウンター（計数率計・高圧電源を含む）および単極式比抵抗法用電極とを含む。

民間における放射能検層

ウラン鉱床に対する放射能検層は U. S. Atomic Energy Commission あるいは U. S. Geological Survey に類似した方法によつて行われている。

Grant, New Mexico の北方の Ambrosia Lake Area では，1955年に，30年前に試掘された石油に対する探鉱試錐坑井の岩芯試料の放射能測定を端緒として，ウランの大きな鉱床が地表下約 100mに存在することが発見された。ここでは探鉱は試錐によつて行われる。すなわち1 mile 四方の地域を設定し1,000 ft 間隔の格子点で試錐を行い鉱床賦存の可能性が認められると，さらに200 ft 間隔で試錐を行う。これらの坑井のうち岩芯試料を採取するのは50本に対して1本の割合であつて大部分の坑井では試料は採取されない。岩芯試料を採取しないときには試錐の費用は試料を採取するときの数分の1になる。すべての試錐坑井は放射能検層および電気検層によつて調査され，この結果によつて鉱量計算が行われる。直接試錐機や検層器を所有する鉱業権者は少なく，試錐作業や検層作業はそれぞれの専門会社に契約して行われ

る。U. S. Atomic Energy Commission が行つているような放射能および電気検層が 8 cent/ft 程度で請負われている。

U. S. Atomic Energy Commission は地質学的・鉱床学的見地から選択した鉱床地域において民間鉱業権者所有の試錐坑井の検層作業を実施している。この際検層結果(図面)が鉱業権者に送附されるが、調査員がその説明をすることは禁止されている。U. S. Atomic Energy Commission は民間の依頼による調査は行わない。

前記のような自動車に設置されたやゝ大型の検層器のほか、携帯用放射線測定器に簡単に取付けられるプローブが市販されていて、一般の探鉱者や採鉱技術員によつて広く使用されている。

カナダにおいては検層作業の重要性は認められているが、物理探査技術者が少なく検層技術の研究を行う余裕をもたないため、独自の発展はみられない。

3.5 放射能探査以外の物理探査のウラン鉱物鉱床への応用

重力探査

U. S. Geological Survey では Colorado Plateau 全体の地下構造を決定するため、空中磁気探査とともに重力探査を実施している。重力探査には wordon 重力計を使用し、測点を 1～1.5 mile 間隔にとり、測点の高度は精密気圧高度計によつて測定される。高度の誤差は気圧高度の測定の方法によるけれども、多くの場合数 ft 内外である。重力探査および空中磁気探査の結果によつて石油坑井から得られた地質学的知見を参考として数理的に Colorado Plateau の地下構造が計算されつつある。しかし成果は公刊されるまでに至つていない。

地震探査・電気探査およびその他の地表物理探査

Colorado Plateau の堆積岩中のウラン鉱床に対して U. S. Geological Survey, Denver および Denver Area Office, U. S. Atomic Energy Commission によつて各種の物理探査が実施されている。

U. S. Geological Survey の Ground Surveys Section の大部分が Denver におかれ、探査用地震計 2 台、電気探鉱器・ジュミット型磁力計・電磁探鉱器・重力計各数台を所有している。探査用地震計のうち 1 台は旧式の屈析用で他の 1 台は G. S. I. 製の反射用小型24成分の装置である。

Denver Area Office, U. S. Atomic Energy Commission では探査用地震計 2 台、電気探鉱器数台を所有している。探査用地震計のうち 1 台は旧式の屈折用で他の 1 台は Houston Technical Laboratory 製の反射用小型24成分の装置である。

電気探鉱器はいずれもそれぞれの実験室において製作されたものである。地表がきわめて乾燥しているので、硫酸銅溶液による電極を用い比較的低い周波数の矩形波交流(0～30cycle)によつて比抵抗測定を行つている。通常直流と 30cycle 交流との両方で比抵抗測定を行う。両方の測定値が異なる場合には地層が抵抗のほかに容量をもつと考えている。このような現象は堅い細粒の砂岩中に硫化鉄鉱が存在する場合に認められ、瀝青ウラン鉱が硫化鉄鉱と共存することがある。

U. S. Geological Survey, Denver の Physical Properties Laboratory では岩芯試料に矩形波電流を流し、試料中を流れる電流波形の崩れをブラウン管オッシロスコープで観測して、同様な結論を得ている。

しかし地表物理探査は一般に充分な成果をあげているとは認められていない。試錐作業が比較的容易であるため、探鉱試錐の経費が比較的低廉であることにもよると思われる。

物理検層

放射能検層以外の物理検層としてはおもに電気検層が行われている。U. S. Atomic Energy Commission および民間物理探査会社ではおもに単極法による比抵抗法および自然電位法を実施しており、U. S. Geological Survey では Well Instrument Development Co. 製 Widco ZDM-141 などにより各種電気検層法を実施している。これらの電気検層は前述のように堆積層の区分をするために用いられている。Colorado Plateau では乾燥して坑井水を含まない坑井が多い。乾燥した坑井では坑壁に押附けられるように作られた特種な電極を使用する。

3.6 地化学探査

U. S. Geological Survey では地化学探査の研究が行われ、現場で岩石、土壌中の U, V, Mo, Se, Cu, Co および Nb などを分析する方法が考案された。ウランの分析には一種のペーパー・クロマトグラフ法が用いられ、1 gr の試料でウラン含有量 4～400 ppm が定性的に測定できる。

U. S. Geological Survey, Denver の Geochemical Exploration Section では格子分光器を積載したトラック 1 台および地化学探鉱用トラック数台を所有し、現場において上記以外の各種の元素の分析をも行つている。分光分析用トラックは30種以上の元素の半定量分析を 1 日約20試料程度行うことができる。

Denver Area Office, U. S. Atomic Energy Commission および U. S. Geological Survey, Denver では協同でまたそれぞれ独立して地表水ないし地下水のウラン含有量の分布とウラン鉱床との関係を研究している。水のウラン分析はおもに実験室で行われる。したが

て輸送中におけるウランのいわゆる老化現象をさけるために酸を加えて pH を 1.0だけ下げるようにしている。かなり多くの研究者がウラン鉱床に対する概査ないし地域調査として地表水のウラン含有量の分布の測定が有効であることを主張している。

3.7 ウランおよびトリウムの分析

放射能測定による分析

U. S. Atomic Energy Commission および U. S. Geological Survey において核原料物質探査作業中に採取されたすべての岩石・土壌・鉱石の試料は 100 mesh に粉砕して雲母端窓型 G・M 計数管によつて β 線強度の測定が行われる。β 線強度の測定値は灰青ウラン鉱を輝緑岩（diabase）に適当な割合で混ぜて作つた標準試料による測定値と比較してウラン当量（U_3O_8 eq.）で表わされる。4，2，1，0.5% U_3O_8 に調製した標準試料（standard samples for counting equipment）が New Brunswick Laboratory, U. S. Atomic Energy Commission[註7] から1組4個各 100gr につき10$で市販されている。放射能測定によつて 10～20gr の試料を用いて最高10% U_3O_8 eq. 最低 0.001% U_3O_8 eq. 程度の測定ができる。通常，1つの試料につき5分間測定を行う。この場合測定限界は 0.01～0.02% U_3O_8 eq. で，測定器1台，測定員1名で1日30～40個の試料を処理できる。

放射能測定による U_3O_8 eq. の値は必らずしも化学分析によるウランの含有量と一致しない。試料中に含まれているウラン系元素が放射能平衡にない場合も多いし，ウラン系元素とともにトリウム系元素が含まれている場合もあるからである。したがつて U. S. Atomic Energy Commission では0.03% U_3O_8 eq. 以上，U. S. Geological Survey では 0.01% U_3O_8 eq. 以上の試料ならびに地質鉱床調査員からとくに要求のあつた試料はすべて化学分析によつてウラン含有量が決定される。そして放射能測定による% U_3O_8 eq. と化学分析による% U_3O_8 との比は探鉱上の重要な因子と考えられている。すなわちウラン鉱床の周辺部から中心部に向かつてこの比が変化してゆく現象が認められている。また，U. S. Atomic Energy Commission の Ore Buying Station（鉱石買上所）でも両方の測定を行つて買上価格の決定をしている。

U. S. Geological Survey では，NaI（Tl）結晶を使うシンチレーション・カウンターによるγ線エネルギーの分析によつて，ウラン系およびトリウム系元素がいずれも放射能平衡にある場合にウランおよびトリウムの分析を行う方法を研究した。この方法によると放射性鉱物の場合には数10mgの試料によつて，鉱石（1.0～0.1 % U_3O_8 eq.）の場合は 0.5gr の試料によつて2チャンネル各30分の測定でウラン・トリウムの分析が可能である。岩石（0.001～0.0001% U_3O_8eq.）の場合には 100～200 gr の試料を用いる。この程度の試料ではカリウムのγ線の影響が認められるから，3チャンネルを用い各2時間の測定でウラン，トリウムおよびカリウムの分析ができる。

カナダにおいては Radioactivity Division, Mines Branch, Department of Mines and Technical Surveys において別の方法が研究され，各国家機関で実施されている。雲母端窓型G・M計数管によるβ線強度の測定およびシンチレーション・カウンターによるγ線の測定を同時ないし次々に行い，2つの測定値からウラン系元素の平衡・非平衡にかゝわらずウランの含有量を求める。トリウムの有無はシンチレーション・カウンターによるエネルギー分析によつて判定する。この方法によつて 0.005% U_3O_8, 0.01% ThO_2 まで測定できると称している。もちろんウラン系元素がはなはだしく平衡からはずれているときは正しいウランの含有量は求められない。しかしおもにこの方法でウラン含有量を求め，必ずしも化学分析を実施しない。これは北米合衆国では探査の初期にはほとんどすべての鉱床が2次鉱床であつたけれども，カナダでは最初から1次鉱物鉱床が発見されたという事情を反映していると考えられる。

ウランおよびトリウム化学分析

岩石・鉱石試料のウランの化学分析には U. S. Geological Survey で研究された螢光光度計による方法が用いられている。この方法による感度のよい螢光光度計も U. S. Geological Survey で研究，製作された。現在では2，3の製品が市販されている。螢光法によると 0.1～0.2 gr の固体試料を用いて 0.00001～0.2 % U_3O_8，100～500 cc の液体試料を用いて1 ppb までの分析が可能である。また螢光光度計1台，作業員1名によつて1日20個の試料，螢光光度計1台，作業員3名によつて1日80～100 個の試料を処理できる。0.0001% U_3O_8 程度以下の分析には試薬・器具の汚染に充分注意しなければならないので，それ以上の含有量を有する試料の分析と分離して行われる。

ウランの含有量が多い場合には比色法や容量法などが用いられる。U. S. Geological Survey の研究によると，容量法では1～5 gr の固体試料を用いて 0.05～10% U_3O_8 の分析が可能であり，比色法では1～5 gr の固体試料を用いて 0.01～0.5 % U_3O_8 の分析が可能である。

New Brunswick Laboratory, U. S. Atomic Energy

註7）New Brunswick, New Jersey

Commission では 0.01～100 % U_3O_8 あるいは 2～10 % Th O_2 を含む鉱石の数種類の分析方法を標準化して公表している註8)。New Brunswick Laboratory, U. S. A. E. C. からは分析用標準試料4種類が一般に販売されている。1種類 100gr につき 2.50$ である。分析用標準試料はまた U. S. National Bureau of Standard からも販売されている。

岩石中に含まれている微量のトリウムの分析方法は U. S. Geological Survey で研究され，有機色素を用いて分光光電光度計によつて比色する方法が実施されている。分析者1名によつて6個の試料が3日間で処理される。

U. S. Geological Survey ではこのほか，X線螢光法によるウランおよびトリウムの分析法および質量分析装置によるトリウムの分析法が研究され，それぞれ相当な成果をあげているが経常的作業としては実施されていない。

カナダではおもに北米合衆国と同様なウランの分析方法が実施されている。Rn^{220}（トロン）の放射能を測定してトリウムの分析を行う方法が Radioactivity Division, Mines Branch で標準化され，各国家機関でトリウムの分析法として実施されている。

ウランの壊変生成物の分析

U. S. Geological Survey, Denver では放射能測定によるウラン含有量と化学分析によるそれとが異なるときは，崩壊生成物の分析を行つて，どのように放射能平衡が崩れているかを調査している。この方法は化学的分離とα線シンチレーション・カウンターを用いる半減期の測定と吸収体によるエネルギー分析を組合せたもので，0.1～0.5 gr の 0.02% U_3O_8 eq. 以上を含む固体試料の Th^{230}, Ra^{226}, Rn^{222}, Pb^{210} および Ra^{228} 含有量の測定が可能である。この分析の結果を用いて2次鉱物の生成年代が計算される。

上述の方法では含有量が低い場合の測定が困難なので，Rn^{222}（ラドン）のα線の測定による Ra^{226}（ラジウム）の分析が U. S. Geological Survey で行われている。U. S. National Bureau of Standard で標準化された電離函を用いる方法で Ra^{226} 最低 10^{-11}gr 含む試料まで測定できる。

註8) Manual of Analytical Methods for Determination of Uranium and Thorium in Their Ores, 1955

3.8 鉱物分離

U. S. Geological Survey, Washington; U. S. Geological Survey, Denver および Grand Junction Operation Office, U. S. Atomic Energy Commission には鉱物分離のための設備が設けられているが，大規模な作業は行われていない。一般に鉱石の品位が良好であるため，特殊な研究の目的で鉱物試料を分離する以外にはあまり必要でないと思われる。実際に Grand Junction Operation Office の鉱物分離設備はほとんど使用されていない。鉱物分離では重液による選別と Frantz Isodynamic Separator による選別とがおもに行われ，比較的多量の試料を処理する際にはテーブルによる選別も併用される。

U. S. Geological Survey, Denver では上記の周知の分離法のほか，超音波を利用した分離を行つてよい結果を得ている。

Geological Survey of Canada も同様な設備を有する。ここでは Isodynamic Separator のほか Super Panner がよく使われているようである。

3.9 粉砕作業

U. S. Geological Survey, Washington; U. S. Geological Survey, Denver; Grand Junction Operation Office, U. S. Atomic Energy Commission および Geological Survey of Canada では岩石・鉱石試料を粉砕するための設備を有する。

各機関とも作業過程は同様で，jaw crasher により数10mesh 程度に粉砕し，pulvilizer によつて 100 mesh 程度に粉砕する。さらに細かく粉砕する必要があるときは hammer mill を使用する。粉砕後は試料容器を回転することによつて試料をよく混合し一様性をよくする。U. S. Geological Survey, Denver では jaw crasher 2台，pulvilizer 4台を使用し，3名の要員で年間約 25,000 件，約 30,000 lb の試料を処理し，1件当りの費用は約 30¢ である。

概　報

553.44 : 550.85(521.75)

兵庫県安井鉱山鉛・亜鉛鉱床調査報告

原口九万*

Zinc and Lead Deposits in Yasui Mine, Hyōgo Prefecture

By

Kuman Haraguchi

Abstract

The deposits are a kind of pyrometasomatic deposits in the phyllitic slate of the Upper Permian system, but an acidic intrusive rock, which is considered as ore bringer, is not found in or near the mine.

Silicification and chloritization of wall rocks are remarkable, and skarn minerals such as hedenbergite are found in the margin of ore bodies.

Three parallel ore-chimneys are developed in the mine, each extending in NE-SW direction and plunging steeply at NE direction.

The ore is composed mainly of sphalerite, galena (Ag-bearing), pyrrhotite, magnetite and rarely chalcopyrite. The grades of ores are as follows:

	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	S (%)
Zn ore	90	0.3	0.3	20～40	29～42
Zn-Pb ore	45	0.2	8.0	30	32

1. 位置および交通

安井鉱山は兵庫県養父郡関宮村安井地内にあり，中瀬鉱山の西方4 km にあたる。

山陰本線八鹿駅から八木川に沿う山陰道を20kmで出合に至り，さらに出合から南西1 km 余で安井部落に達する。八鹿—出合間は村岡行バスの便があり，出合—安井間も道路良好でトラックを通ずる（5万分の1地形図「村岡」）。

2. 沿革および現況

本鉱山の沿革は明らかでないが，約50年前に銅鉱として稼行されたが，その鉱況は良好でなく，ごく近年まで久しい間休山していた。最近太田垣潔・山下富可一が鉱業権を得て昭和30年の初めから再興をはかり，旧坑の取明けと大切坑（4坑）とを新たに開坑し，目下探鉱中である。

今回本鉱床を調査した結果，銅鉱としては稼行価値に乏しいが，亜鉛・鉛鉱としては品位良好で開発に価する鉱床で，特に亜鉛鉱を対象として採掘すべき鉱床であり，また鉛鉱は含銀量に富むことが判明した。随伴鉱物は主として磁硫鉄鉱で，廃石中には亜鉛・鉛鉱石が放棄されており，選別すれば約 300 t 程度の鉱石が拾得されよう。

鉱区番号：兵庫県試採 5,865 号

鉱区面積：992 アール。

なお本鉱区の東側は安井クロム鉄鉱鉱区（兵庫県採登331 号）に相隣っている。

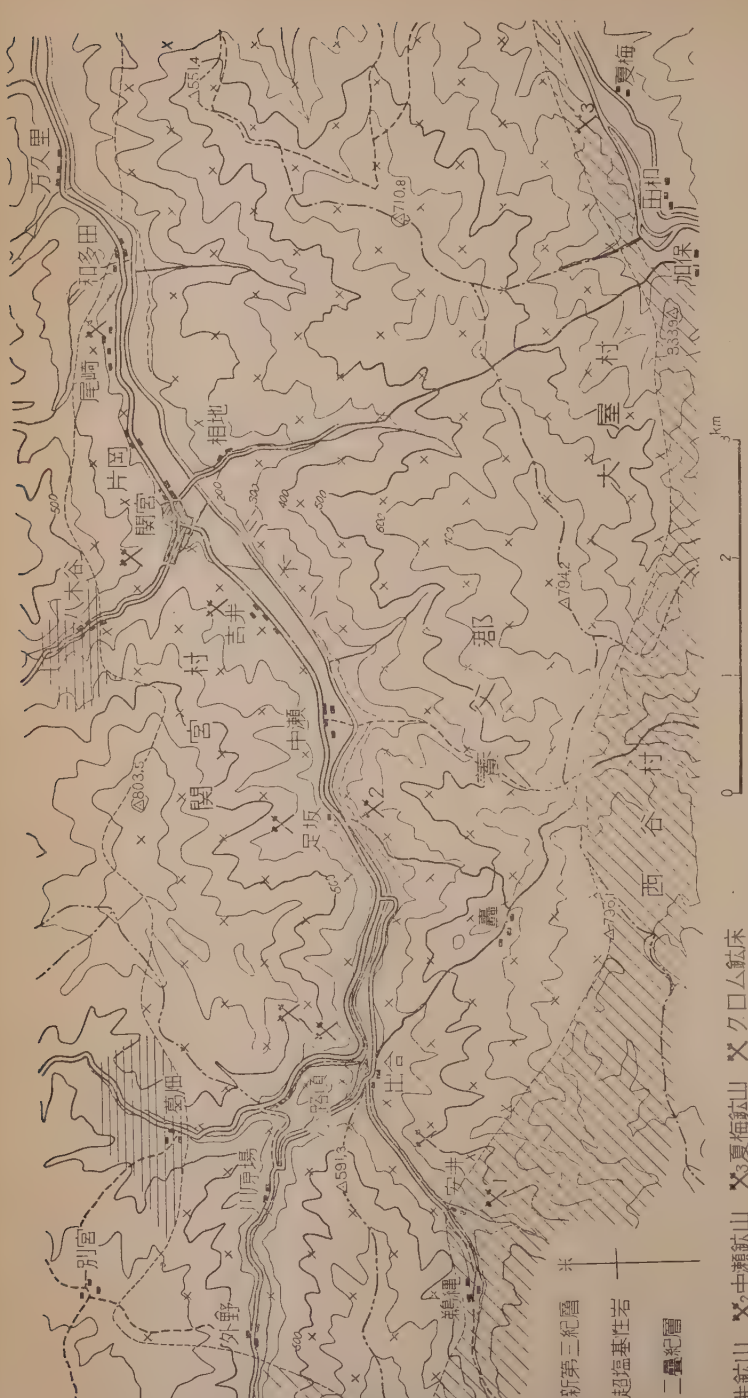
3. 地　質

安井鉱山の鉱区内はすべて古生層からなり，附近に超塩基性岩・両輝石安山岩・石英閃緑岩および玄武岩が分布している（第1図）。

古生層は中瀬鉱山附近のものに類似し，主として千枚岩質粘板岩と砂岩とからなるが石灰岩を含まず，南北に近い走向をもつて西または東へ急斜している。

岩質は局部的に軽度の動力変成を受けており，南方の大屋市場以南に広く分布する南谷層に相当するものと考えられる。南谷層には石灰岩レンズ中に紡錘虫を産し，

* 大阪駐在員事務所



第1図 関宮・安井鉱山附近の地質と鉱床略図

その含有化石から上部二疊系に属することが確かめられている。

超塩基性岩は八木川流域に東西約15km，南北約5kmのほゞ楕円形の広い分布を示し，古生層を貫ぬき，新第三紀層に覆われている。頑火輝石橄欖岩と，それから変質した蛇紋岩からなり，特に蛇紋岩中には所所にクロム鉄鉱鉱床が胚胎される。

石英閃緑岩は西谷村横行および中瀬鉱山においてみられ，古生層を貫ぬいている。有色鉱物に富み，角閃石・黒雲母は緑泥石・緑簾石に変化するため灰緑色を帯びている。本鉱床を始め四近の中瀬・旭出・黒台屋等の金属鉱床は成因的に本岩の迸入と密接な関係にあるものと考察される。

両輝石安山岩は熔岩流あるいは岩脈をなし，普通輝石・斜方輝石・斜長石の斑晶を有し，まれに橄欖石を含み，かなり塩基性のものである。

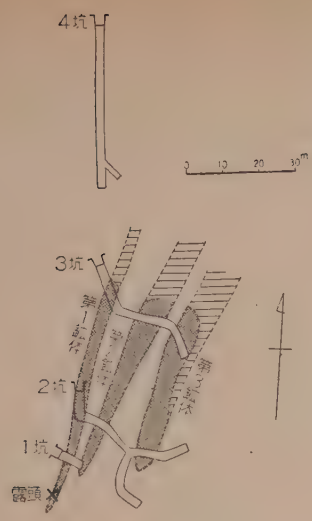
玄武岩は安井の東方，轟部落の山地に分布し，その斑晶は橄欖石・普通輝石・紫蘇輝石・斜長石である。

4. 鉱床の賦存状態

本鉱床は安井橋の南方200mの山腹にある。

鉱区は第2図に示すように南北線（784m）を底辺とし，頂点を西に向けたほゞ2等辺3角形を呈する。

鉱区内はすべて上部二疊系の千枚岩質粘板岩と砂岩からなる。本系は著しい変質を受けており，N 20～

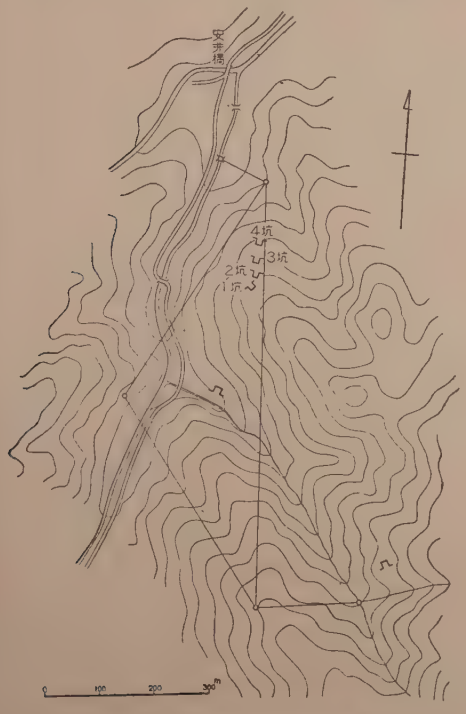


第2図　安井鉱山鉱区図

40°Wの走向をもつて東または西に傾斜する。

鉱床は北西—南東方向に並ぶ鉱筒状の3鉱体からなり，落しは北東である（第3図）。鉱体の幅は2坑地並では1～2mであるが，3坑地並では数mとなり，1坑と3坑間では下部に至るに従がい肥厚する傾向がある。

母岩は著しい珪化・緑泥化作用を受け，両盤際に放射状の灰鉄輝石がみられる。



第3図　安井鉱山鉱床略図

これらの事実から，本鉱床は裂罅を通して熱水溶液が上昇し，母岩の一部を交代した接触交代鉱床である。しかし運鉱岩とみなされるものが鉱床附近にみられず，おそらく中瀬鉱山や西谷村横行の石英閃緑岩のような火成岩が，本鉱床近くの地下に潜在するのであろう。

鉱床は千枚質粘板岩を交代して生成され，なお砂岩は珪化作用を受けているが，鉱床を胚胎していない。

鉱石はおもに閃亜鉛鉱と磁硫鉄鉱とからなり，少量の方鉛鉱・黄銅鉱および磁鉄鉱を伴ない含銀分は方鉛鉱の量に比例して増加する。脈石は緑泥化物質である。なお鉱体中に黄銅鉱の細脈がみられる。

鉱物晶出順序は，高温の熱水溶液から，最初に灰鉄輝石・緑泥石が生じ，温度の降下に従がつて，磁鉄鉱・磁硫鉄鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄銅鉱の順序に晶出している。

なお4坑の坑内や砂防堰堤附近には石英脈が存在し，前者には方鉛鉱，後者には黄銅鉱を伴なうが，ともに低品位で稼行価値はない。

5. 鉱床各説

第1鉱体

3鉱体のうちで最もその規模が小さく，1坑とその下位9mの2坑の坑口から南へ5m，3坑（2坑の下位16m）では坑口から10m南で着鉱している。2坑水準から上部には灰鉄輝石がよく発達しており，幅は2坑では1m，3坑では2mである。鉱石は粗粒の閃亜鉛鉱に富み，微量の黄銅鉱・磁硫鉄鉱および緑泥石を含む。

第2鉱体

2坑では第1鉱体の東3mで着鉱し，鉱体は延長10m×深さ8mにわたつて掘下げられている。幅は1～1.5m，鉱石は細粒緻密で，閃亜鉛鉱・磁硫鉄鉱および磁鉄鉱からなり，脈石は緑泥石である。

3坑では第2鉱体は第1鉱体の東数mで着鉱している。ここでは幅4mに肥大し，天井6mの高さまで掘られ，その既採掘量は約400 tである。

この地並では亜鉛の品位が優れ，鉱石は主として粗粒の閃亜鉛鉱からなり，磁硫鉄鉱を著しく減じ，磁鉄鉱はまつたく含有しない。なお亜鉛鉱には硫カドミウムを伴ない，脈石は緑泥石である。

この鉱体には2坑と3坑との間で鉱石の性質が著しい変化を示している特性がある。

第3鉱体

3鉱体中最も大きく，かつ残存鉱量も多い。2坑では坑道の分岐点の南東坑道で3mの幅があることが知られ，3坑では引立から5m手前まで鉱石がある。引立ではまだ鉱石が優勢に存続しているから，さらに掘進して

鉱体の幅を確かめることが必要である。

この鉱石は細粒で方鉛鉱が多く，したがつて銀分の高いことが特性である。また磁硫鉄鉱もかなり多く含まれているが，脈石はほとんど含まれていない。

本鉱体の上盤近くに脈幅10cmの薄い黄銅鉱の鉱脈がN30°Eの方向に走り，往時はこれのみを稼行の対象として採鉱していた。この細脈は鉱体を切つていて，明らかに後期の生成にかゝるもので，純粋の熱水鉱脈である。

引立近くに幅20cmの断層粘土脈が鉱体を切つてNE—SWに走つている。上述の黄銅鉱鉱脈もこれと同方向の断層面に沿つて生成されたものであろう。

6. 品位および鉱量

主要鉱石は閃亜鉛鉱であるが，第3鉱体のように含銀方鉛鉱を伴なうものがある。黄銅鉱は細脈として鉱体中に存在するが，量的にみて稼行価値に乏しい。

鉱石の粒度に粗・細の別があり，細粒のものは磁硫鉄鉱に富み，緑泥石に乏しいが，粗粒のものはこれに反して磁硫鉄鉱を欠き，緑泥石に富んでいる。

鉱石の垂直的変化は注意すべきことである。すなわち第2鉱体において，2坑における細粒の鉱石が3坑では粗粒となり，亜鉛の品位が著しく向上している。第3鉱体も3坑においては銀・鉛の品位が高いが，その下部に至ると，はたしてこの種の鉱床の通性として鉛が減少するか否か検討を要する。

今回採取した鉱石の分析結果は次の通りである。

試料番号	採取箇所	品位 Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	S (%)
No. 1	2坑 第2鉱体	18	0.25	tr.	15.99	42.31
〃 2	3坑引立第3鉱体	92	0.20	8.11	28.62	32.22
〃 3	3坑 第2鉱体	45	0.33	0.05	41.23	30.62
〃 4	3坑 第1鉱体	46	0.79	0.02	24.56	28.89

分析：三菱金属大阪製錬所

鉱量

本鉱床においては1坑と3坑の間のみで鉱体が把握されているにすぎず，いまだその全貌が明らかでなく，鉱量の算定も困難であるが，鉱筒状の3鉱体の鉱量を3坑地並以上のものについて比重を4.0として算出すれば次の通りである。

第1鉱体	220 t
第2鉱体	480 〃
第3鉱体	1,100 〃
計	1,800 〃*

* 既採掘量700 tを除いた残存鉱量

3坑から250m下位に新たに開坑した4坑が未着鉱のため，4坑地並において各鉱体が肥大するか縮小するか，あるいは尖滅するか不明である。もしかりに3坑と同じ状態で4坑まで各鉱体が存続するものとすれば，この間に約4,000 tの鉱量が見積られる。この場合においても鉱石品位の垂直的変化が重要な問題となろう。

7. 探鉱方針

1) 4坑は現在南へ45m掘られているが，これは方向を誤つており，着鉱するためには坑道を東に向けなければならない。

2) 3坑引立には第3鉱体の鉱石がなお優勢に存続するから，さらに掘進すべきである。たゞし鉱区の境界に近いため，隣接鉱区にはいらないよう注意すべきである。

3) 第3鉱体も3坑において方鉛鉱に富むが，下部に至つて鉛の品位が減ずるか否かを究明すべきである。

4) 従来銅鉱を目的としていたため鉛・亜鉛鉱は全部廃石中に棄てられていた。酸化亜鉛の白色沈澱物の附着しているものは特に亜鉛の品位が高いので，これを選鉱すれば約300 tの鉱石が拾得できよう。

8. 結 話

以上述べたように本鉱床は一種の接触交代鉱床に属し，鉱筒状の3鉱体からなる。

鉱石の品位と鉱量からみて，亜鉛・鉛（含銀）鉱として小規模に稼行できる鉱床と結論される。しかし現状では探鉱が不充分なので，合理的な探鉱によつて鉱量を確保することが肝要である。

（昭和30年6月調査）

資　料

552.5(47) : 54 : 551.24(09)

造構造運動史と関連性のある Russkii Plate-forme 地帯の堆積岩の組成について

A. P. Vinogradov, A. B. Ronov
小　西　善　治　訳

地質学では，20億万年から30億万年にわたる地球の存在期間の間に起こつた地殻の物質的構成の生成と発達との様式に関する重要な地球化学的問題が問題となつてきた。岩石中における化学的元素の規則的分布に関する問題および時間的にみた陸と海との間の物質バランスの問題は現在実験室で解決されている。結晶片岩における化学元素の不規則分布の原因，最古期堆積岩の生成の初成材料となつた地球上の物質の特性およびその他の類似の問題は，大地塊の堆積岩組成を詳細に研究しなければ明らかにならないであろう。

この問題を明確に捉えるには，Plate-forme 地帯と地向斜地帯の堆積岩の比較研究と造構造運動史と関連性のある堆積岩の主要型（粘土，砂および炭酸塩）に基づいて地層層序の構成の研究を行うことが必要である。

本論文での研究対象となつた Russkii Plate-forme 地帯には原生代から現世に至るまでの全地質時代にわたる堆積物からなり，その面積は 600 万 km²，堆積岩の容積は 7,500 万 m³ に達し，時間的には，堆積岩の化学的変化には規則的傾向が認められる。したがつて他の Plate-forme 地域と対比すれば，地質年代における組成変化の一般的特徴，すなわち沈積物質と沈積物からなる堆積岩の発達史を読み取ることができるであろう。

本論文は先カンブリア界にまでおろされたボーリング孔から採取されたコーアについて行われたものである。採取岩石試料の分析結果によると，“岩石学”的には同一年代の地層を構成する岩石の化学的組成は一定していない。すなわち地層を構成する重要な成分は地層ごとに著しい変化を示す。この変化は比較的短い時間層序の岩石組成の化学的変化を研究するときにはきわめて興味がある。しかし世，紀を特色づける大時間層序では，短時間的層序で認められた組成変化の一般的傾向は認められなくなる。したがつて層序を構成する岩石層間の量的関係を考慮に入れて，系，世，統の平均試料を求めた。標準試料として各層から 100 g を取り，採取された各層を代表する試料の重量（G）は，この層の厚さ（h）と全層厚（H）—時間層序を表わす—に厳密に比例するようにとつた。これを 100% で表わすと次のようになる。

$$G=\frac{h\cdot 100}{H}g$$

本研究は 6 カ年にわたつて行われたものである。試料は，8847 のコーア総試料から 198 の炭酸塩質岩石層の平均試料を，6804 の粘土試料から 252 の粘土質層の平均試料を 3709 の砂岩および泥岩から，158 の砂岩層の平均試料をそれぞれ求め各試料について地球化学的研究を行つた。第1，2，3表には，系，統，階にわたる試料の分布状態が示されてある。第1表には，種々の地質年代における炭酸塩質岩石の 8351 試料の組成が附加されてある。第1図（印刷省略）には，試料の採取箇所が示されてある。この図には，Russkii Plate-forme 地帯とその周辺の地向斜帯との境界面もあげられている。

炭酸塩質岩石の化学的組成の発達史（evolution）

Russkii Plate-forme 地帯では，炭酸塩質岩石は全層序にわたつてみられるが，量的には著し

Виноградов, А. П. и А. Б. Ронов: Состав осадочных пород Русской платформы в связи с историей ее тектонических движений, Геохимия, No. 6, p. 3-24, 1956.

第1表 炭酸塩質岩

系・統・階	平均試料の化学分析値										
	試料数	総採取試料数	不溶性残査	R_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Sr	Ba	Th (B 10^{-4}%)	U (B 10^{-4}%)
震旦系	8	20	11,60	0,37	27,10	19,60	0,04	0,0033	0,0012	He onp.	He onp.
カンブリヤ系	—	—	—	—	—	—	—	He onp.	He onp.	He onp.	He onp.
オルドヴィス系	6	293	21,33	1,53	33,61	7,88	0,08	0,0067	0,0093	4,9	2,0
上部シルル系	4	177	19,94	2,07	35,61	7,19	1,79	0,0490	0,0240	4,2	2,7
シルル系	10	470	20,80	1,75	34,41	7,60	0,76	0,0173	0,0130	4,6	2,3
中部デボン系	15	297	18,46	1,34	33,74	8,05	5,45	0,0400	0,0153	2,3	1,2
Famenskii 階	37	2245	13,61	1,00	41,61	4,00	0,70	0,0280	0,0051	3,7	1,3
Famenskii 階	31	1963	8,00	0,37	36,68	11,54	8,69	0,0730	0,0036	2,2	1,3
上部統	68	4208	11,05	0,71	39,36	7,44	4,34	0,0454	0,0044	3,0	1,3
デボン系	83	4505	12,39	0,83	38,34	7,55	4,55	0,0447	0,0056	2,8	1,6
下部石炭系	26	814	4,83	0,16	40,68	10,52	2,26	0,0403	0,0005	1,3	2,3
中部石炭系	24	1229	7,30	0,28	40,25	9,27	1,56	0,0226	0,0016	1,2	2,7
上部石炭系	14	520	2,12	0,12	37,37	13,21	6,06	0,0129	0,0019	1,0	3,4
石炭系	64	2563	5,17	0,19	39,79	10,64	2,83	0,0252	0,0014	1,2	2,7
下部二畳系	17	922	4,86	0,20	34,82	12,49	14,17	0,0863	0,0019	1,0	2,4
上部二畳系	4	66	13,04	0,83	39,28	7,33	1,26	0,0150	0,0067	1,8	5,4
二畳系	21	988	6,42	0,32	35,67	11,50	11,67	0,0790	0,0029	1,3	3,3
古生界	178	8526	9,56	0,59	38,33	9,13	4,56	0,0400	0,0042	2,2	2,1
ジュラ系	2	25	35,20	9,65	27,10	4,60	0,21	0,0192	0,0086	4,7	2,3
下部白堊系	1	14	12,60	0,78	45,80	1,80	0,28	0,0280	0,0050	2,0	2,8
上部白堊系	6	161	14,20	0,70	46,40	0,40	0,17	0,0826	0,0094	2,7	1,6
白堊系	7	175	14,00	0,71	46,30	0,60	0,21	0,0735	0,0087	2,5	1,9
中生界	9	200	18,71	2,70	42,00	1,49	0,21	0,0614	0,0087	3,3	2,0
第三系	3	101	49,00	2,55	24,00	0,70	0,22	0,1500	0,0220	7,1	3,6
第四系	—	—	—	—	—	—	—	—	—	He onp.	He onp.
新生界	3	101	49,00	2,55	24,00	0,70	0,22	0,1500	0,0220	7,1	3,6
分析総数 階・統の平均含有量	198	8847	10,66	0,71	37,83	9,08	4,11	0,0447	0,0047	2,4	2,1
分析総数 系の平均含有量	198	8847	10,66	0,71	37,83	9,08	4,11	0,0477	0,0047	2,4	2,1

い変化を示す。例えば，陸源性地層（Tatarsk 統，上部ジュラ）中では少なく，例えば上部白堊系，上部石炭系等では，きわめて厚く，殆どんど全地層層序が炭酸塩質岩石から構成されている。この種岩石（他の岩石）の沈積量は様々で，時間に正比例しない。

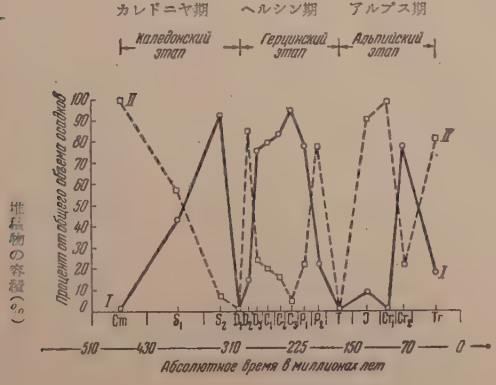
堆積岩の容積変化をみると，炭酸塩質岩石の絶対量が Plate-forme の全堆積層の容積のほとんど半分を占めている（47.5%）。古生界中における炭酸塩質岩石類は主として石灰岩と白雲石で代表される。中生界・新生界中では，炭酸塩質岩石類の分布度は古生界よりも劣るが，最も多量に分布するものは白堊と泥灰岩であつて，石灰岩と白雲石は少ない。この時代には炭酸塩質岩石の含有量は比較的多くなく，全堆積物量の20%を超えない。したがつてカレドニア，ヘルシンキ変動期の Russkii Plate-forme の堆積物は主として炭酸塩質の特性をもつているとするならば，アルプス期には，岩相の変化を示し，陸源性堆積物が優勢となる。すなわち古生界の絶対堆積量は，白堊紀，新生代の堆積量の約4倍になる。

Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石と陸源性岩石の分布は，時間的にみれば，偶然的に起こつたものでなく，規則的に，かつ周期的に繰り返された特性を示している。3造山運動期（カレドニア・ヘルシンキ・アルプス）には，岩石累系の（岩相）断続的交代が現われている（第2図）各期は Plate-forme の隆起の前期・後期と区別される。すなわち隆起期では，それ以前に生成した地層の侵蝕過程が堆積過程に卓越しているからである。

長い地質年代にわたつて，周期的に生成された Russkii Plate-forme の堆積物は，highest order の地殻の変動の場合のように，比較的短い地質年代の間に起こつた岩石の周期的交代で

石の平均化学成分　　単位 %

発表データの分析値														発表データの分析値および選択平均試料の分析値の算術平均値		
CaO		MgO		Fe_2O_3		Al_2O_3		R_2O_2		SiO_2		SO_3				
総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	総分析数	平均値	CaO	MgO	SO_2
10	29,87	10	21,24	10	0,76	—	—	—	—	10	1,92	—	—	28,48	20,42	0,04
16	34,00	16	11,53	12	3,48	12	1,41	15	4,58	13	7,54	1	0,32	34,00	11,53	0,32
398	34,72	398	9,16	160	5,11	104	3,09	211	3,41	189	9,34	24	0,30	34,16	8,52	0,25
14	43,40	14	7,55	3	0,11	—	—	5	1,21	3	1,93	2	0,22	39,50	7,37	1,00
412	35,01	412	9,10	163	5,02	104	3,09	216	3,36	192	9,22	26	0,29	34,71	8,35	0,52
97	30,78	97	8,40	18	3,16	18	4,48	70	2,86	18	19,98	46	4,25	32,26	8,22	4,85
497	42,42	497	4,26	69	2,48	68	3,65	112	3,24	93	8,35	47	0,35	42,01	4,13	0,52
151	37,37	151	8,77	30	1,22	28	2,09	31	3,67	31	10,70	34	1,38	37,02	10,15	5,03
871	39,39	870	6,19	133	2,10	132	3,54	189	3,96	159	11,70	135	1,53	39,37	6,81	2,93
1040	38,88	1038	6,52	175	2,11	170	3,54	291	3,66	204	10,23	196	2,28	38,61	7,03	3,41
1157	47,18	1103	4,83	408	1,53	318	0,66	666	1,13	529	2,70	530	0,72	43,93	7,67	1,99
1411	43,18	1359	7,55	337	1,02	282	1,98	684	1,65	598	5,69	483	1,30	41,71	8,41	1,43
946	39,04	945	12,42	65	1,06	66	3,25	626	2,28	97	6,76	755	3,76	38,20	12,81	4,91
3815	44,18	3661	7,75	878	1,28	720	1,47	2211	1,63	1404	4,26	1926	2,09	41,98	9,19	2,46
988	35,79	988	9,50	3	3,66	2	0,63	655	1,12	48	6,38	917	6,86	35,30	11,00	10,51
1488	37,86	1484	8,55	56	1,54	53	2,99	1050	4,84	285	13,64	1043	2,33	38,57	7,94	1,80
2593	35,50	2584	8,78	104	1,52	101	3,02	1798	3,38	379	10,60	1985	4,40	35,58	10,14	8,03
7876	40,12	7711	8,01	1332	13,04	1007	2,08	4531	2,55	2192	6,36	4134	3,19	39,22	8,57	3,87
4	24,57	4	1,12	3	12,66	2	8,80	4	11,79	2	46,66	2	0,07	25,83	2,86	0,14
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	45,80	1,80	0,28
266	45,00	166	0,60	66	1,29	83	2,51	215	3,64	199	17,51	48	0,35	45,70	0,50	0,26
266	45,00	166	0,60	66	1,29	83	2,51	215	3,64	199	17,51	48	0,35	45,65	0,60	0,28
270	44,70	170	0,61	69	1,78	85	2,66	219	3,79	201	17,80	50	0,34	43,35	1,05	0,27
176	45,68	145	1,74	65	1,13	46	2,16	128	3,39	114	13,58	68	0,21	34,84	1,22	0,21
19	50,32	19	0,82	7	1,00	4	0,58	13	1,53	15	3,08	7	0,24	50,32	0,82	0,24
195	46,14	164	1,63	72	1,11	50	2,04	141	3,22	129	12,36	75	0,22	35,07	1,16	0,22
7636	40,78	7396	7,90	1312	2,17	1086	2,16	4485	2,78	2214	8,53	4016	3,21	39,30	8,80	3,66
8351	40,50	8050	7,74	1483	2,09	1242	2,24	4894	2,74	2448	8,17	4268	3,10	39,16	8,62	3,60



第2図　Plate-forme 地帯のカレドニヤ・ヘルシン期・アルプス期の堆積累系における炭酸塩質岩と砕屑岩の%含有量の変化を示す。
カンブリア紀とシルル紀のデータは Plate-forme の北西部のデータによる。

複雑化されている。原生界の終期からの大輪廻数―海退・海進期に対応する―は，12～13回に達している。小堆積輪廻の堆積構造は，種々の岩相が繰り返されている点からみて大堆積輪廻のそれと同様に周期性を現わしている。しかし小堆積輪廻の周期性は，大堆積輪廻の周期性に比較して，輪廻中の1時階の堆積の場の位置によつて，不明瞭に，ときにはきわめて明確に現われる。Russkii Plate-forme に隣接する地帯では，輪廻の中間時階（堆積階梯）に激しい侵蝕作用を蒙り，著しく低地化した。Plate-forme 地帯でも，それと関連して噴出産物に富む砕屑岩石類の低地への搬入が弱化した。

炭酸塩質岩石の平均試料は，第1

第2表 Russkii Plate-forme の平均化学成分（選択平均試料の分析値）

系・統・階	試料数	総採取試料数	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	CO_2	灼熱減量*	総計	10^{-4} %		10^{-3} %		
															Th	U	Co	Ni	Cu
震旦系	17	765	58,21	18,34	8,37	0,88	0,55	2,26	3,96	0,76	0,11	1,17	5,65	100,26	13,7	4,4	2,0	1,5	4,8
カンブリヤ系	14	436	60,36	17,83	6,71	0,84	0,83	2,17	4,82	0,49	0,15	0,70	5,03	99,93	13,2	3,7	1,6	2,5	5,9
オルドヴィス系	8	198	43,77	11,82	5,25	0,64	12,82	3,40	3,95	0,79	0,16	11,13	6,21	99,94	10,1	3,2	1,2	1,3	2,9
ゴトランド系	6	531	49,58	12,62	5,46	0,60	8,99	4,99	4,42	0,69	0,15	7,37	5,38	100,25	9,5	3,5	2,4	1,0	8,5
シルル系	14	729	46,24	12,16	5,34	0,62	11,18	4,08	4,15	0,75	0,15	9,52	5,85	100,04	9,9	3,3	1,4	1,2	4,0
中部デボン系	41	822	49,93	16,26	6,69	0,80	5,79	3,89	3,55	0,60	0,50	5,61	6,29	99,91	10,5	3,9	1,0	1,5	3,3
Famenskii 階	41	1433	46,48	14,52	6,99	1,02	10,92	2,55	3,54	0,58	0,16	8,77	4,80	100,33	10,1	4,4	1,1	1,6	3,9
Famenskii 階	9	253	40,01	11,18	5,15	0,57	11,87	6,42	4,15	0,64	6,62	7,99	5,13	99,73	9,9	3,2	1,3	3,0	4,9
上部デボン系	53	1721	45,34	14,02	6,59	0,93	10,94	3,33	3,65	0,59	1,47	8,48	4,89	100,23	10,2	4,1	1,1	1,9	4,1
デボン系	94	2543	47,34	15,00	6,64	0,87	8,69	3,58	3,61	0,59	1,05	7,23	5,50	100,10	10,4	4,0	1,1	1,7	3,7
下部石炭系	17	267	54,09	18,49	6,39	0,99	2,99	1,53	2,61	0,53	0,53	2,47	9,73	100,35	14,2	5,9	0,8	1,8	2,0
中部石炭系	19	241	50,99	16,11	6,62	0,70	5,64	4,16	5,00	0,73	0,11	5,59	4,61	100,26	12,7	5,0	1,0	3,8	2,9
石炭系	36	508	52,45	17,24	6,51	0,84	4,32	2,92	3,87	0,63	0,31	4,12	7,04	100,25	13,8	5,5	0,9	2,9	2,5
上部二畳系	27	708	42,48	11,22	5,65	0,55	13,24	5,81	2,71	1,31	1,60	11,52	3,99	100,08	7,7	3,5	0,9	2,8	3,0
二畳系	28	730	42,97	11,45	5,78	0,57	12,94	5,67	2,71	1,30	1,55	11,34	3,90	100,18	7,7	3,5	0,9	2,8	3,0
古生界	203	5720	49,38	15,21	6,56	0,80	7,41	3,57	3,68	0,72	0,78	6,44	5,56	100,11	11,0	4,1	1,0	2,3	3,4
三畳系	4	121	57,40	14,72	6,12	0,71	10,10	3,68	2,29	1,03	0,09	7,42	3,73	100,63	10,0	4,1	1,4	3,6	4,0
ジュラ系	16	328	55,12	16,55	6,24	0,77	4,78	1,98	3,12	1,40	0,15	3,69	6,03	99,83	14,0	3,4	1,1	2,3	3,4
下部白堊系	8	183	58,24	18,76	6,54	0,86	1,65	1,92	2,64	1,34	0,24	0,94	6,85	99,98	10,0	4,1	1,3	2,2	3,3
上部白堊系	4	72	51,52	10,49	4,61	0,50	13,46	1,55	1,98	1,15	0,01	11,33	3,08	99,68	10,1	4,0	0,7	1,4	2,8
白堊系	12	255	56,09	16,00	5,90	0,74	5,59	1,80	2,42	1,28	0,17	4,40	5,60	99,99	10,0	4,1	1,1	1,9	3,1
中生界	32	704	54,94	16,11	6,09	0,75	5,81	2,12	2,76	1,31	0,15	4,42	5,58	100,04	12,1	3,7	1,1	2,3	3,4
第三系	12	352	57,10	11,59	6,14	0,59	7,25	2,16	2,32	1,18	0,32	5,69	5,67	100,01	8,6	4,3	0,8	1,5	2,8
第四系	5	28	59,65	13,54	5,97	0,67	4,93	3,07	3,15	0,74	0,00	4,06	4,31	100,09	11,2	4,9	0,6	1,3	1,7
新生界	17	380	57,85	12,16	6,09	0,62	6,57	2,42	2,56	1,05	2,22	5,21	5,27	100,02	9,4	4,5	0,7	1,4	2,5
分析総数	252	6804	50,65	15,10	6,47	0,78	7,19	3,31	3,49	0,81	0,63	6,10	5,58	100,11	11,0	4,1	1,1	2,2	3,5

* このうちには有機物質・結晶水・吸蔵水・ハロゲン物質・硫化物を含む

第 3 表　砂の平均化学的組成

系・統・階	試料数	総採取試料数	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	CO_2	灼熱減量*	総計
震旦系	14	551	73,90	10,28	4,83	0,61	0,93	1,56	2,88	0,75	0,12	0,86	2,95	99,67
カンブリヤ系	13	251	78,02	8,82	3,62	0,54	1,02	1,04	2,21	0,57	0,09	1,32	2,42	99,67
オルドヴィス系	2	133	52,79	9,73	6,34	0,46	10,04	3,86	2,16	1,21	0,29	9,55	3,28	99,71
ゴトランド系	1	5	66,58	1,96	3,52	0,15	12,51	1,19	1,30	0,62	0,04	9,53	1,18	98,58
シルル系	3	138	57,39	7,14	5,40	0,36	10,86	2,97	1,88	1,01	0,21	9,54	2,58	99,34
中部デボン系	31	829	73,50	7,21	4,31	0,70	2,86	2,05	1,76	0,28	0,43	3,75	2,97	99,82
Famenskii 階	26	725	77,74	7,69	5,16	0,70	1,06	0,91	1,87	0,37	0,04	1,53	2,72	99,79
Famenskii 階	6	110	71,21	7,40	3,75	0,51	3,92	2,22	2,57	0,33	1,50	4,06	2,43	99,90
上部デボン系	32	835	76,51	7,64	4,89	0,66	1,60	1,15	2,00	0,37	0,31	2,01	2,67	99,81
デボン系	63	1664	75,03	6,42	4,60	0,68	2,22	1,60	1,88	0,32	0,37	2,86	2,82	99,80
下部石炭系	13	111	76,41	6,46	3,09	0,50	3,71	0,85	0,89	0,28	0,77	2,89	3,74	99,59
中部石炭系	8	73	55,73	12,72	4,66	0,61	7,83	2,50	4,55	0,75	0,09	7,51	2,59	99,54
石炭系	21	184	68,53	8,84	4,69	0,57	5,28	1,48	2,29	0,46	0,51	4.65	3,30	99,60
上部二畳系	16	564	45,71	8,96	4,12	0,39	13,97	5,29	1,89	1,17	3,98	11,04	3,18	99,70
二畳系	16	564	45,71	8,96	4,12	0,39	13,97	5,29	1,89	1,17	3,98	11,04	3,18	99,70
古生界	130	3352	70,14	8,28	4,34	0,60	4,10	2,03	2,09	0,54	0,78	3,94	2,91	99,75
三畳系	1	9	59,63	8,78	4,54	0,44	11,35	1,45	4,26	0,00	0,00	6,46	4,14	100,05
ジュラ系	8	67	63,61	8,75	5,88	0,46	6,99	1,54	1,84	1,09	0,15	5,83	3,54	99,68
下部白亜系	9	114	73,03	8,72	6,72	0,56	1,49	1,13	1,76	0,67	0,52	1,72	3,93	100,05
上部白亜系	5	46	70,16	5,54	4,14	0,36	7,10	1,12	1,92	0,76	0,26	4,80	3,38	99,54
白亜系	14	160	72,00	7,58	5,80	0,49	3,49	1,13	1,82	0,70	0,43	2,82	3,73	99,99
中生界	23	236	68,54	7,80	5,77	0,48	5,05	1,29	1,93	0,81	0,31	4,02	3,70	99,70
第三系	3	93	74,64	8,03	4,26	0,52	2,72	1,29	1,74	0,68	0,38	1,64	3,60	99,50
第四系	2	28	70,46	6,87	2,88	0,38	7,00	2,07	2,50	0,53	0,00	5,36	1,95	100,00
新生界	5	121	72,97	7,56	3,71	0,46	4,43	1,60	2,05	0,62	0,23	3,13	2,98	99,74
分析総数	158	3709	70,00	8,22	4,53	0,58	4,25	1,89	2,06	0,58	0,69	3,87	3,02	99,69

* このうちには有機物質・結晶水・吸蔵水・ハロゲン物質・硫化物を含む

第4表 炭酸塩質岩石・粘土・砂中の重要化学成分の含有量と堆積岩の平均組成

(Clark, Hougen & Vinogradov)

	試料数	総採取試料数	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3 +FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	CO_2	SO_3
Menson の補正した Clark のデータによる石灰岩の平均組成	1	345	5,19	0,06	0,81	0,54	7,89	42,57	0,05	0,33	41,54	0,05
Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石	198	8847	8,17	—	2,24	2,09	8,62	39,16	—	—	37,15	3,60
Clark のデータによる粘土の平均組成	1	78	58,10	0,65	15,40	6,47	2,44	3,11	1,30	3,24	2,63	0,64
Plate-forme 粘土の平均成分	252	6804	50,65	0,78	15,10	6,47	3,31	7,19	0,81	3,49	6,10	0,63
Hougen のノールウェー第四紀の水成粘土	96試料の平均分析値		59,19	0,79	15,82	7,34	3,30	3,07	2,05	3,93	—	—
Menson の補正した Clark のデータによる砂の平均成分	1	253	78,63	0,25	4,77	1,37	1,16	5,50	0,45	1,31	5,03	0,07
Plate-forme の砂	158	3709	70,00	0,58	8,22	4,53	1,89	4,25	0,58	2,06	3,87	0,69
Menson の補正した Clark による堆積岩の平均組成*	3	676	57,95	0,57	13,39	5,55	2,65	5,89	1,13	2,86	5,38	0,54
Plate-forme の堆積岩の平均組成**	198	8847	34,24	0,37	7,65	4,01	5,55	21,80	0,38	2,06	20,41	2,05

* 頁岩 82% 砂岩 12% 石灰岩 6%　　** 粘土 33% 砂岩 19% 炭酸塩質岩石 47.5%

表に示してあるように CaO・MgO・CO_2・SO_3・Sr_1・Ba・Th・U・R_2O_3 不溶性残査について研究が行われた。第1表に掲げられてきた炭酸塩質岩石中の SiO_2・Al_2O_3・F_2O_3 の含有量は文献中から引用した。

第1表は，表からみられるように，下部シルル紀・デボン紀・石炭紀・2畳紀・上部白亜紀・第三紀の炭酸塩質岩石の最も完全な分析データである。したがつてデータが増加しても成分の値自体は変らないことが考えられる。石炭紀・ジュラ紀・白亜紀前期および第四紀の炭酸塩質岩石のデータはきわめて少ない。したがつてこの時代の平均成分は若干変ることが想像される。しかし Russkii Plate-forme 地域では，この種岩石の存在量はきわめて少ないので，既採取地域の地層からサンプリングを繰り返す以外には，分析値を著しく増すことは考えられないであろう。

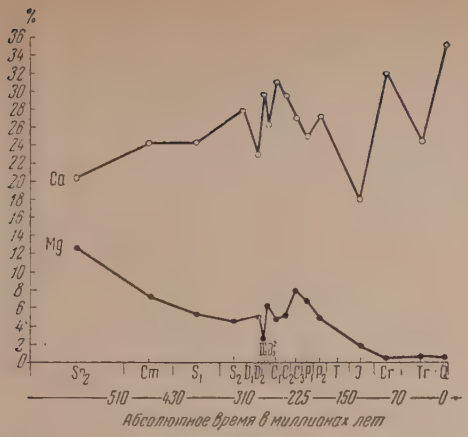
Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石の平均化学的組成と clark 数(訳註1)とを比較すると次のことを示している（第4表参照）。

Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石は，clark 数よりも著しく多量の珪酸アルミナ・酸化鉄・硫酸塩を含み，CaO，CO_2 が若干少なく，陸源性混在物質（mixed matter）に基づく“高不純度”（higher impurity）を示している。

次に炭酸塩質岩石の重要な化学的元素 Mg と Ca との時間変移曲線を求めると（第3図），次のような現象が認められる（2次変化を除去する）。炭酸塩質岩石中の Ca 量は原生代（20.35%）から第四紀（35.9 %）まで，ほとんど2倍近く増大している。しかし Mg 量は同一地質年代にほとんど1/5（0,51～ 12,63%）に近い著しい減少を示している。したがつて，Russkii Plate-forme 地域では，1909 年に Daly(註1) が初めて認めた炭酸塩質岩石中における Mg 含有量の定方向性減少が認められる。いま Russkii Plate-forme の炭酸塩質岩石の Ca/Mg 比曲線と，Daly の北アメリカ大陸の類似曲線（853の分析値）と対比すると，炭酸塩質岩石

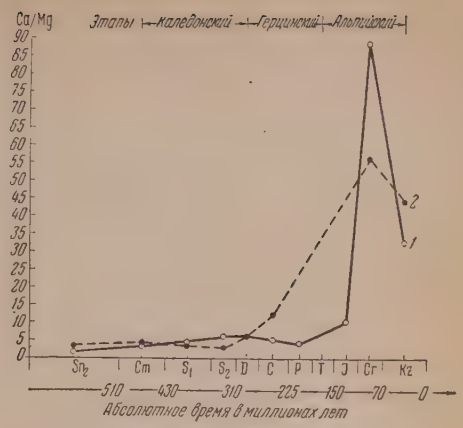
訳註 1) Fersman の導入した術語で，abundance of element と同意語に使用されている。

註 1) Daly, R. A.: First calcaceous fossils and the evolution of the limestones, Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 20, April, 1909



100 万年単位の時間的変化

第3図　Plate-forme 地域の炭酸塩質岩石中の平均 Ca, Mg 含有量の時間的変移曲線
7,600 の分析データと 8,847 の平均試料から求められた 198 の分析値による



第4図　Plate-forme 地域と北アメリカにおける炭酸塩岩石の Ca/Mg 比の時間的変移曲線
単位　100 万年

の化学的発展史（chemical evolution）に平行関係が認められる，したがって古期堆積岩中の Mg 量が時間的に減少することは，全地球上における共通の現象であることが考えられる。両曲線をみると Ca/Mg 比は全原生代を通じて緩慢に増加するが，白亜紀の初期には飛躍的に増大し，古生代古期の海盆地域における炭酸塩の生成条件に根本的な変化が起こったことを物語っている。

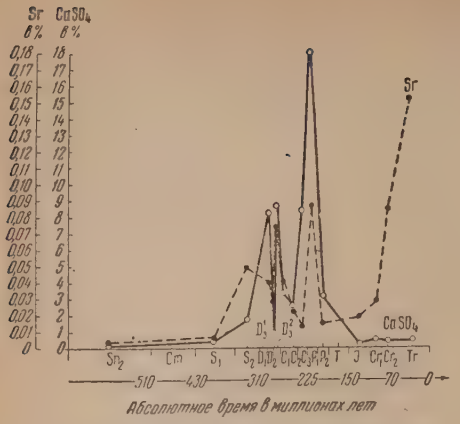
著者はこの一般的な傾向を基礎において，各造山運動期における炭酸塩質岩石の Mg 含有量の周期的変化を追跡している。カレドニヤ，ヘルシンキ，アルプス変革期の初期には，Mg の含有量は最高（第4図曲線のピーク，第1表）に達し，中期には減少を（カレドニヤ S，ヘルシンキ D_3, C_1, C_2，アルプス Sr）示し，終期にはふたたび増大している。Ca 含有量は Mg と反対の周期的変動を示している（第3図参照）。この現象から次のことが考えられる。すなわち種々の生成年代の炭酸塩質岩石中の化学的元素にみられる相関関係は，堆積物が海盆底で地質時代に経過した――堆積物が堆積岩に転移するまで――地球化学的過程をきわめて高い精度で近似的に反映している。

炭酸塩質岩石中できわめて特異な分布を示す元素は Sr である。海水中における Sr の地球化学についてはよく知られている。 Sr は Mg と同様に海水中に蓄積されているから，岩石および海水中における Ca/Sr の比は異なっている。Sr は，プラクトンおよびある種の有機物質（aragonite 中にみられる）の石灰質骨格に蓄積されるか，または，$CaCO_3$ とともに海塩のハロゲン化によって沈積するときには硬石膏および石膏とともに，直接沈積して炭酸塩質堆積物中に吸蔵される。

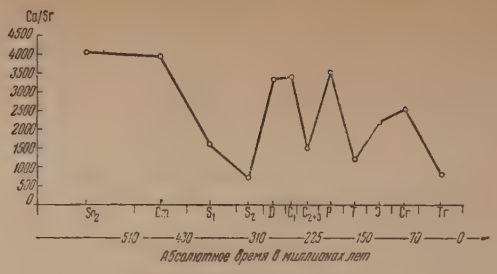
炭酸塩質岩石中における Sr の含有量（第5図）をみると，次の現象がみられる。

（1）Sr の極大値はファマンス階（Famennian stage），二畳紀前期，第三紀に対応している（上部シルル紀にも増大するようであるが，さらに資料を求めて確証する必要がある）

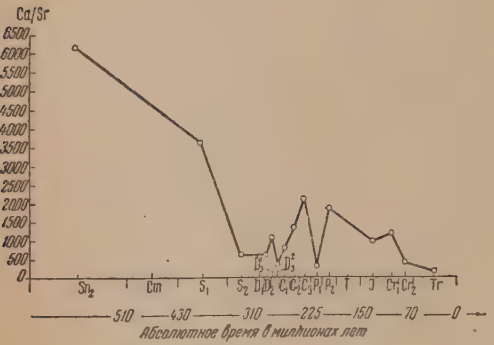
（2）ファマンス階 b_2^2 と下部二畳紀 P_1 とにおける Sr の極大値は，炭酸塩質岩石における $CaSO_4$ の極大含有量とよく対応している。Sr と $CaSO_4$ 含有曲線の一般的傾向をみると，原生界および古生界後期には $CaSO_4$ の含有量はきわめて少なく，Sr の含有量もこれと対応して少ない。古生代の前期と中期には，$CaSO_4$ の存在量と Sr とともに増加するが，白亜紀初期には $CaSO_4$ と Sr との含有量の変化は平行関係を失い，明らかに異動を示す。すなわち炭酸塩中における $CaSO_4$ と Sr との平均存在量の動きは事実において似ていないばかり



第 5 図 $CaSO_4$ と Sr の平均含有量の時間的変移曲線
3,659 試料から求められた平均試料 97 の分析値
単位 100 万年

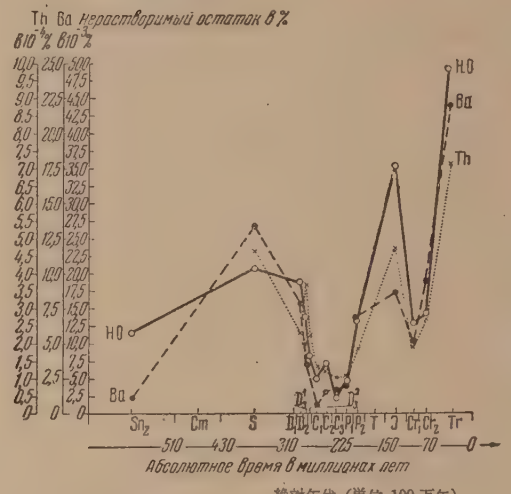


第 7 図 北米大陸の炭酸塩質岩石中における Ca/Sr の時間的変移曲線 151 の分析値による。
単位 100 万年



第 6 図 Plate-forme の炭酸塩質岩石中における Ca/Sr 比の時間的変移曲線
3,563 試料から求められた平均試料 94 の分析値

不溶性残査
Th Ba нерастворимый остаток %



絶対年代 (単位 100 万年)
第 8 図 炭酸塩質岩中における Ba, Th および不溶性残査の平均含有量の時間的変移曲線
Ba は 3,530 試料から求められた平均試料 90 の分析値
Th は 5,475 試料から求められた平均試料 128 の分析値

りか，Sr の含有量はかつてないほどの増大を示す。この変化の定方向性は Ca/Sr 比の変化についてみればよく理解できる。変移曲線は原生界から第三紀にかけて規則的に，かつ漸次的に横座標に近づき，炭酸塩質は Sr によつてほとんど50倍近く富化される。

類似の傾向はアメリカの炭酸塩質岩石についても確かめられている。Kulp, Boyd の資料註2)によつて，炭酸塩岩石中の Sr/Ca 曲線を求めると第7図のようになる。この変移曲線は2次的オーダー (second order) の周期性変動によつて著しく複雑化しているが，炭酸塩は原生界から新生界にかけて Sr で繰り返し富化 (enrich) されたことを示している。

海水中の Ba の地球化学は Sr の地球化学と異なつている。海水，とくにSO_4^{2-}の含有量の高い海水中では Ba は Sr の $^1/_{250}$ 以下である。第8図には炭酸塩質岩石中における Ba と不溶性残査 (陸源性混在物質量) との時間的変移曲線とが示されてある。粘土質物質の存在量が増加すると，炭酸塩質岩石中の Ba の含有百分率が増大し，反対に不溶性残査の含有量の減少に伴なつて Ba の存在量自体が減少する傾向がある。このような現象は，炭酸塩質岩石中における Ba の主要部分がケイ酸アルミニウム (粘土質) と結合していることを示している。第8図をみると Ba と不溶性残査との最大含有量は，陸源性堆積物の極大発達期・造山運動期 (D_2, P_2, j, Tr) の初期と終期と時間的に一致している。しかしこの成分の最低含有量は，へ

註 2) Kulp, J. L., Turekian, K. & Boyd, D. W.: Stroncium content of limestones and fossils, Bulletin of the Geological Society of America, Vol. 63, No. 7, 1952

ルシンキ（C—P_1）期とアルプス（Cr）期との中間期にあたつている。

トリウムも，生物圏では Ba と同様に不溶性化合物を形成し，海水中におけるトリウムの溶存量は，火成岩中の含有量に比較して1万分以下である。第8図には，炭酸塩岩石中における Ba と不溶性残査との時間的変移が示してある。

トリウムと，不溶性残査との変移はこの図からみられるように，平行関係を示すから，Russkii Plate-forme 地域のトリウムの主要部分は不溶性残査中に濃集し，共生鉱物（不溶性残査 Clay）とともに減少する。このような現象は，Ba について述べたように，トリウムの存在量の周期性変移を物語るものである。すなわちトリウムの最大存在量は，ヘルシンキ（D_3,P_2），アルプスと Tr 造山運動期の初期と終期に生成された炭酸塩質地層中でみられ，中期（C-P_1 ヘルシンキ，Cr アルプス造山運動期）に生成された炭酸塩質地層中では，トリウムの含有量は，不溶性残査の減少と平行的に最低値となる。

砂および淤泥の化学組成の発達史[註3)]

砂質層および淤泥層の平均存在量（Plate-forme）は粘土の 1/2 以下であつて，総容積の19.5%にあたつている。砂質層の厚さは古期瀕海地帯で増大し，古期堆積盆地の中央部で減少している。

Russkii Plate-forme の砂・淤泥は，海成・瀕海成堆積物中で卓越している，しかし陸源性堆積物，例えば湖成・沖積地成・デルタ成堆積物中でもきわめて多量に含まれている。

砂・淤泥中は主として比重の軽い物質からなるが，比重の重い鉱物は普通1%以下である。砂質岩石は鉱物組成によつて単鉱物族，oligomikt 族（2，3の鉱物からなる砕屑岩石で，そのうち1鉱物が卓越している）多種鉱物族・polymikt 族に区分される。

Rukhin のデータによると，単鉱物族には，例えば石英砂および石英粒がほとんど全体を占める砂（95%以上）があげられる。したがつて SiO_2 の含有量は95～99%に達する。oligomikt 質砂質岩石では石英が優勢（75～95%）であるが，他の鉱物（長石，まれには雲母）も多量に含んでいる。oligomikt 砂岩は最も広域に分布している石英質砂岩に属し，長石類または有色鉱物（coloured mineral）粒と微粒の砕屑物質とを25%以下含んでいる。SiO_2 の含有量は80%以下である。polymikt 砂質堆積物（硬砂岩と花崗質砂岩）は同量の種々の鉱物（石英・長石・有色鉱物）からなつている。本岩石は SiO_2 の含有量の最低値で特色付けられる。

砂および淤泥の化学組成は clark 数と比較すると SiO_2，CaO，CO_2 の含有量が低く，Al_2O_3，Fe_2O_3，TiO_2 に富み，花崗質砂岩にやゝ近い組成を示している（第3表参照）。

第3表によつて砂中の若干元素の時間変移曲線をつくり，粘土の同一時間変移曲線と対比すると，両曲線はきわめて近似し，この種の重要な堆積岩型の発達史の類似性が認められる。第9図には，Kの含有量が震旦紀から第三紀の砂にかけて緩慢に減少する状態が示してある。しかし Na の含有量はほとんど変らない。

次に第10図をみると，Ca/Mg 比の値は，古期砂から新しい時代の砂にかけて増大する傾向が現われている。

Ca と Mg 曲線は，第11図からみられるように相互に平行関係を示している。この現象は，上述の粘土と同様，砂質堆積物中の Ca と Mg も，また共生的に近い相関関係をもつていることを示している。Ca と Mg の存在量は，粘土中で認められた相関関係（第7図）を繰り返している。

Al と Ti の存在量も，粘土で認められた変移を繰り返している。Al と Ti とが極大，極小含有量を示す時代は同一である。しかし粘土中における Al と Ti との含有量は砂中におけるよりも高い（第2，3表）。この相関関係は，一方では Al と Ti との共生関係を，他方では粘土および砂におけるこれら元素の源泉の共通性を示している。Al と Ti の含有量は，層序

註 3）本岩石類の化学組成は研究中である。

の下位から上位にかけて減少し，周期的変動が認められる。砂および粘土中の Al と Ti の最大含有量は，結晶質岩石からなる基盤地帯，すなわち長期間にわたつて侵蝕作用を蒙つた陸域の海進期，すなはち瀕海成地層と挟炭層とが広範囲に分布していた時代に対応している。しかしこの地域では侵蝕作用を蒙つた花崗岩質地殻中の残留産物が Ti で 2 倍に富化され，その後 Ti の濃集した物質が堆積地帯へ運ばれたことが考えられる（前文参照)。

Russkii Plate-forme 地域の堆積岩の化学的組成と堆積物の平均組成との変化の定方向性と周期性について

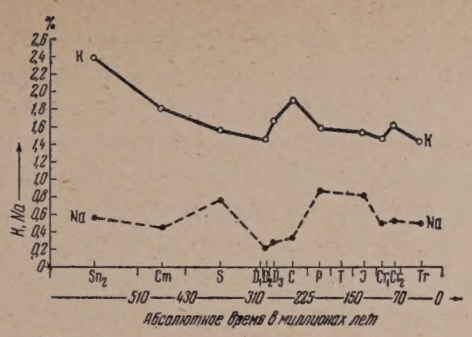
種々の地質時代に生成された重要な堆積物型の化学的組成に関する全データを検討すると，炭酸塩質岩石と砕屑岩の量的相関関係にみられる（平行的な）規則的周期性変化は，この種岩石を構成する化学的組成の変化の跡を示していることが明らかになる。

この変化は，指示元素が堆積岩石中で卓越している場合には最も明瞭に現われる（例えば炭酸塩質岩石中の Mg，粘土中の K 等)。しかしこの種変化は，これらの指示元素が 2 次的意味をもつている他型の堆積岩中でも認められる。このような現象は，堆積岩にとつて初成物質の供給源が共通性であることを示すとともに，一方では地球上における堆積の発展の定方向性を示している。このことを考えに入れると，元素の（時間）存在量の規則的周期変動が認められ，周期変動は，古期の削剥，沈積の場における造構造運動の発展の周期とよく一致している。

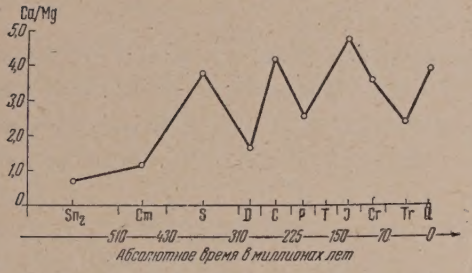
例えば炭酸塩質岩石の発展（evolution）の主要過程は，Mg の含有量の減少と白雲石期（dolomite epoch）の消滅である。原生代に卓越していた炭酸塩質岩石の白雲石は，石灰岩およびその他の炭酸塩質岩石（泥灰岩）によつて除々に取り代われている。炭酸塩質岩石の化学組成は，地質年代の経過とともに白雲岩分子(dolomite molecule)がますます貧化している。Russkii Plate-forme と アメリカ大陸の炭酸塩質岩石中における Ca/Mg 比の時間変移曲線（第 4 図）は，炭酸塩中における Mg の貧化が全地球上にわたつて規則的に起こつていることを示している。同一 Ca/Mg 比の値の時間変移傾向は，Plate-forme および北アメリカの粘土および Plate-forme の砂（アメリカにはデータがない）についても表われている。これらのデータを対比すると，堆積岩の 3 重要階梯（変革）における Ca/Mg 比の値の増加は，stratisphere（堆積圏）の化学組成の発展にみられる共通現象の 1 つであることが信じられる。

Ca と Mg との存在量も，この共通の歴史的傾向（historic tendency）を反映して周期性変動を示している。Mg の最大含有量は造構造運動の初期と終期とに生成された炭酸塩質岩石中で確認されるが，Ca は中期に生成された岩石に濃集する傾向がある(第 3 図)。さらに Mg, Ca の主要部分は炭酸塩質混合物（mixed）の型で含まれている。このような曲線の平行性をみれば，炭酸塩質層・粘土層および砂層における Ca, Mg の存在量の特性と結び付けることが可能となる。Ca と Mg との最大含有量は純粋の石灰岩と白雲岩の沈積・生成とが Plate-forme の堆積盆地で 2 次的役割を占めていた地質時代の砂質層・粘土質層中でみられる。一方この種元素の貧化は，純粋の炭酸塩質岩石が優勢であつた時代に沈積した砂質層・粘土質層中でも認められる。この傾向の偏倚についても知られているが，この傾向は多くの場合にあてはまる。すなわち Ca と Mg は純粋の炭酸塩沈積期ばかりでなく，あらゆる時代を通じて水を媒介として海盆地域に多量に運ばれるからである。陸源性堆積物の生成期，換言すれば陸地の上昇期（海退期）には巨大な砕屑物質が純粋の炭酸塩の沈積をはるかに上廻るような状態で堆積する。Ca, Mg は粘土・泥・砂で捕獲され，混合岩石型すなわち炭酸塩・粘土質岩石（石灰質粘土・粘土質泥灰岩・泥灰岩・炭酸塩砂質岩石か炭酸塩・泥質岩石が生成される。この種岩石類はシルル紀・デボン紀後期・二畳紀後期・三畳紀および第三紀の堆積物に典型的にみられる。

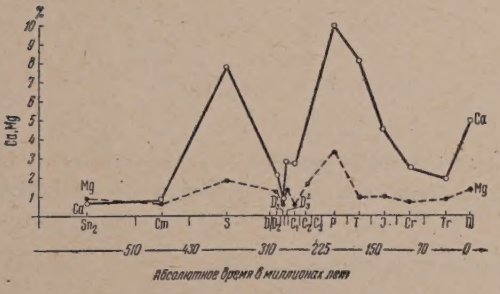
陸源性地層（粘土層と砂層）の化学的組成の主要発展過程は，古期堆積物から新期堆積物にかけて，K, Al, Ti および鉄金属（Fe, Co, Ni, Cu 等）元素の含有量の低下である。



第9図　Plate-forme の砂・泥泥中における K, Na の含有量の時間的変移曲線
3,709 試料から求められた平均試料 158 の分析値
単位　100 万年



第10図　Ca/Mg の時間的変移曲線
3,709 の砂・泥泥試料から求められた平均試料 158 の分析値
単位　100 万年



第11図　砂・泥泥中における Mg, Ca, の平均含有量の時間的変移曲線
3,709 試料から求められた平均試料 158 の分析値

次に砕屑岩石中における K の富化と，貧化との問題をとりあげよう。

K による古期粘土の富化は激しい侵蝕，削剥が古期乾陸で行われたことを示している。さらに K すなわち hydromica による富化は，初成雲母とカリ長石の変質によつても形成される。この種鉱物類は，花崗岩・花崗片麻岩とそれと近縁関係にある酸性火成岩および変成岩からなる地域に広範囲に分布している。

震旦紀および古生代前期の花崗岩と花崗片麻岩の露出地域は，その後の地質年代のこれら岩石類地域よりも著しく広い。Russkii Plate-forme の基盤を形成する震旦紀，デボン紀中期の酸性火成岩と変成岩およびこれらの岩石類の侵蝕面は，多くの場所で堆積物によつて不整合に覆われている。海進性堆積物の増加は，堆積盆地におけるカリ長石と雲母との侵蝕産物がある地質時代から他の地質時代にかけて漸減の跡を示している。

このような現象は，粘土鉱物の組成変化についても認められる。現在のデータによると，震旦紀・古生初期およびデボン紀の粘土鉱物中で卓越しているものは K に富む hydromica であつて，陸成（酸性）相の kaolinite が混在している。デボン紀の海成相にはときどき少量の baidellite が認められる。石炭紀粘土中では hydromica とともに kaolinite が多量に含まれ，陸成堆積物（例えば挟炭層）中では，含有量が増大する。さらに montmorillonite も混在している。

西南部の古瀬海地域に近づくと，石炭紀後期の炭田(モスコー複向斜)では種々様々な粘土鉱物が発達している。この地域では，kaolinite が卓越しているが，海成相中には baidellite, montomorillonite が含まれている。陸成・海成堆積物中には hydromica が多量に混在しているのが認められる。二畳紀と三畳紀粘土中では hydromica と kaolinite の 2 鉱物が造岩鉱物となり，baidellite と montomorillonite がきわめて多量に混在している。アメリカおよび他の諸国の白堊紀，新生代粘土中では montomorillonite が広く分布している。

このように新しい地質時代に向かうにしたがつて，粘土中のカリ鉱物の存在量が漸減する傾向は，新期粘土における K 含有量の測定値の低いことを理解する鍵となるであろう。これらのデータを対照すれば，カリの大部分は，粘土鉱物の結晶格子に結合することが明らかとなる。

したがつてKは地層の生成時から粘土質層中に存在していたことが考えられる（前論文参照)。

Russkii Plate-forme の古期砂層中のKの含有量がきわめて高いのは，震旦紀・古生代初期の砂・泥層の粗粒相がカリ長石で富化されているためである。しかしこの時代の細粒泥質相は hydromica 質鉱物で富化されている。このような状態は粘土と同様である。カリ長石と hydromica とは成因的に酸性火成岩（露出面積は地質時代の経過に伴なつて減少する）と関連性がある。花崗岩状岩石の露出地域の減少は堆積岩の被覆層の増加とそれぞれ関連性がある。すなわち堆積物の沈積・生成は，乾陸の沈降と海進との直接的な結果であるからである。

砂層，粘土層中における Al と Ti の含有量は地層層序の下位から上位にかけて減少する。さらにまた Th と Ti の存在量の周期的変化と造構造運動期との間には密接な関連性が認められる(第3表参照)。Th と Ti の最大含有量は，Plate-forme の基盤岩石の海進期に生成された地層が長期間にわたつて侵蝕作用を蒙つた堆積岩（被覆）の海進期の地層中に認められる（この種元素の最大含有量は，パルチック Shield 地帯の地塊の隆起運動の最盛期堆積物にもみられる)。したがつて緩慢な瀕海地帯の上昇期には Russkii Plate-forme の堆積盆地における Ti, Th の沈積は弱化したことが考えられる。

Russkii Plate-forme の種々の堆積岩型の容積を測定してみると，砂・粘土・炭酸塩質岩石の存在比は33,0： 19,5 ： 47,5 になる。この数値と Wickman の確かめた粘土・砂・炭酸塩の比[註4)]，83：8：9と比較すると，次のことが明らかになる。すなわち Russkii Plate-forme の堆積物は，地球上の堆積物中におけるこの種岩石の平均含有量よりも，炭酸塩を5倍，砂を約2倍以上，粘土 1/2 以下を含んでいる。

結論として次のようにいえる。Russkii Plate-forme の堆積物は，ケイ酸・アルミナ・鉄・チタン・アルカリの含有量が著しく少ないが，カルシウム・マグネシウム・炭酸・硫酸塩に富んでいる。これらの状態から推定すると，Russkii Plate-forme の堆積物の特徴的指標として

（1）地層の厚さが比較的薄い。

（2）傾斜が緩慢である。

（3）浅海性である。

（4）特種の岩石種（gaize, tripolite, 純粋ケイ砂など）の賦存の可能性

があげられる。

註 4) Wickman, F. E.: The ≪total≫ amount of sediments and the composition of the ≪average igneous rock≫, Geochimica et Cosmochimica acta, 5, 3, 1954

◇

月報8巻4号 訂正

23頁第4図と28頁第4図は入れかわつているため，23頁の図は28頁第4図に，28頁の図は23頁の第4図に訂正致します。

地質調査所月報　第8巻第6号　目次

報　文

尼崎市工業用水源小規模地域調査報告
　淀川水系地域調査　第1報
山口県桜郷鉱山附近の電気および磁気探鉱調査報告

概　報

鳥取県八頭郡下のマンガン鉱床調査報告
熊本県三陽鉱山調査報告

資　料

粘土の化学的組成の発達史
沿カスピス海低地北部の地下水の水理化学的様式の予知法則について

地質調査所への連絡は

本　所	神奈川県川崎市久本町（溝の口）135番地　電話 (70) 1146～1148番 (72) 4291～4293番
東京分室	東京都新宿区河田町8番地　電話 (34) 7131～8番
北海道支所	北海道札幌市南1条西18丁目　電話（3）5574番
仙台駐在員事務所	仙台市柳町通り28（仙台通産局内）電話（3）2306番
名古屋駐在員事務所	名古屋市東区長塀町（名古屋通産局内）電話（4）6416番
大阪駐在員事務所	大阪市大淀区大仁西二丁目（大阪工業技術試験所内）電話大阪 (45) 7019番
広島駐在員事務所	広島市基町1（廣島通産局内）電話中（2）1945番
四国駐在員事務所	高松市七番町56の1番地（四国通産局内）電話（高松）5681番
福岡駐在員事務所	福岡市北浜町2丁目19　電話（2）6743番

昭和32年5月25日　印　刷
昭和32年5月30日　発　行

著作権所有　工業技術院地質調査所

印刷者　向　喜久雄
東京都品川区上大崎3の300
印刷所　一ツ橋印刷株式会社
東京都品川区上大崎3の300

U. D. C. 55 (05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

32.9.19

Katsu Kaneko, Director

Vol. 8 MAY 1957 No. 5

CONTENTS

Z. Nakazawa & S. Maruyama: On the Titaniferous Iron Sand Ore Deposits at the Kunisaki Peninsula, Ooita Prefecture ..... (1)

S. Iwasaki & K. Kanai: Radioactivity Surveying with GM Counter at Ishikawa-machi District, Fukushima Prefecture ..... (17)

S. Sano: The Techniques for the Exploration of Nuclear Raw Materials in the United States of America and Canada ..... (27)

K. Haraguchi: Zinc and Lead Deposits in Yasui Mine, Hyōgo Prefecture ..... (37)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

地 質 調 月
Bull. Geol. Surv. J.
Vol. 8, No. 5, 1957